



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

VÝVOJ ENERGETICKÉHO MIXU V ČESKÉ REPUBLICE

ENERGY MIX DEVELOPMENT IN THE CZECH REPUBLIC

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Michal Špaček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Patrik Elbl

BRNO 2021

Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav
Student: **Michal Špaček**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Energetika, procesy a životní prostředí
Vedoucí práce: **Ing. Patrik Elbl**
Akademický rok: 2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Vývoj energetického mixu v České republice

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Diferenciace energetických zdrojů je z hlediska bezpečnosti jedním ze základních požadavků stabilní dodávky energie. Poslední dobou je pod drobnohledem také z enviromentálních důvodů vzhledem ke klimatické krizi. Studentka či student prostudují energetické mixy několika států, posoudí jejich složení a určí důvody rozdílů těchto mixů, jejich historický vývoj a pravděpodobný vývoj budoucí.

Cíle bakalářské práce:

- Popis a porovnání historického vývoje energetického mixu.
- Predikce vývoje vybraných energetických mixů.

Seznam doporučené literatury:

QUASCHNING, Volker. Obnovitelné zdroje energií. Praha: Grada, 2010. Stavitel. ISBN 978-80-2-7-3250-3.

Státní energetická koncepce České republiky. In: . MPO, 2014.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tématem této bakalářské práce je vývoj energetického mixu České republiky. První část je zaměřena na pojmy energetický mix, energetická bezpečnost a cíle a priority Státní energetické koncepce. Další část popisuje vývoj českého energetického mixu až do současnosti a také je zde popsán možný budoucí vývoj energetického mixu ČR. V poslední části je energetický mix Česka porovnán s energetickými mixy Slovenska, Polska, Německa a Dánska, a i u těchto energetických mixů je predikován jejich budoucí vývoj.

Klíčová slova

Energetický mix, instalovaný výkon, Státní energetická koncepce, elektrická energie

ABSTRACT

The topic of this bachelor thesis is the development of the energy mix of the Czech Republic. The first part is focused on concepts energy mix, energy security and the goals and priorities of state energy policy. Next part describes the development of the Czech energy mix up to present and in this part, the possible future development of the energy mix of the Czech Republic is described as well. In the last part, the energy mix of the Czech Republic is compared to the energy mixes of Slovakia, Poland, Germany and Denmark and the future development of these energy mixes is predicted as well.

Key words

Energy mix, installed capacity, State Energy Policy, electrical energy

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠPAČEK, Michal. *Vývoj energetického mixu v České republice* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/132245>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav. Vedoucí práce Patrik Elbl.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Vývoj energetického mixu v České republice** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Michal Špaček

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Patriku Elblovi za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

ÚVOD	11
1 Energetický mix	12
1.1 Energetická bezpečnost	12
1.2 Státní energetická koncepce	13
2 Vývoj energetického mixu v České republice.....	14
2.1 Historický vývoj energetického mixu.....	14
2.1.1 Vývoj do poloviny 20. století.....	14
2.1.2 Vývoj ve druhé polovině 20. století.....	14
2.1.3 Vývoj v letech 2001–2017	17
2.2 Současný stav	19
2.3 Budoucí vývoj energetického mixu.....	21
2.3.1 Shrnutí budoucího vývoje energetického mixu	24
3 Porovnání energetického mixu ČR s ostatními státy	26
3.1 Slovensko.....	26
3.2 Polsko	28
3.3 Německo	29
3.4 Dánsko	30
3.5 Shrnutí energetických mixů vybraných zemí	32
ZÁVĚR.....	34
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	36
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	42

ÚVOD

Energetický mix je součástí všech zemí, které na svém území vyrábí elektrickou energii. Každý stát si vytváří energetický mix podle svých podmínek, a protože je energetický mix ovlivňován mnoha faktory, tak se velmi často energetické mixy jednotlivých zemí mezi sebou v mnohém liší. I přes tyto odlišnosti je cílem každého energetického mixu zaručení energetické bezpečnosti pro danou zemi a diverzifikace zdrojů při výrobě elektřiny. Motivací pro vypracování této práce bylo zjistit z jakých zdrojů a v jakých poměrech je vyráběna elektrická energie v České republice a v ostatních evropských zemích a také se dozvědět, jakým směrem se bude ubírat evropská energetika v příštích letech.

V první kapitole bakalářské práce je vysvětlen pojem energetický mix a je zde rovněž uvedeno, jaké faktory ovlivňují energetický mix. Dále je v této kapitole rozebrána problematika energetické bezpečnosti a je zde obecně popsána Státní energetická koncepce, což je strategický dokument, který se zabývá energetickou politikou Česka.

Následující kapitola je zaměřena na samotný vývoj energetického mixu České republiky od počátku elektrifikace našeho území až po současný stav. V další části této kapitoly je uveden možný budoucí vývoj českého energetického mixu do roku 2040, většinou s využitím dat ze Státní energetické koncepce.

V třetí kapitole jsou popsány energetické mixy čtyř evropských zemí, konkrétně Slovenska, Polska, Německa a Dánska a jsou porovnány s energetickým mixem Česka. Zároveň je u každého mixu uveden jeho pravděpodobný budoucí vývoj.

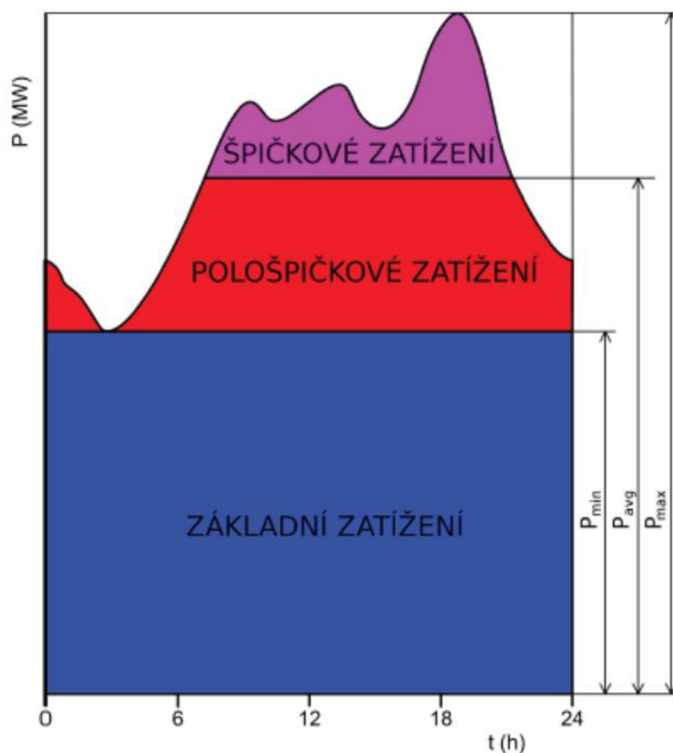
1 Energetický mix

Energetický mix popisuje, z jakých zdrojů a v jakých poměrech probíhá výroba elektrické energie v daném státě. Zdroje energie se dělí do dvou hlavních skupin na primární a sekundární zdroje energie. Primární zdroje energie neprochází žádnou lidmi provedenou transformací, jedná se tedy o přírodní zdroje. Tyto zdroje se z hlediska obnovitelnosti rozdělují na neobnovitelné a obnovitelné. Do neobnovitelných zdrojů řadíme jaderná paliva a fosilní paliva, tedy uhlí, plyn a ropu. Obnovitelné zdroje tvoří voda, vítr, slunce, biomasa a geotermální energie. Sekundární zdroje energie, někdy označované jako druhotné, vznikají lidskou činností. Mezi tyto zdroje patří komunální odpad, vyjeté oleje, skládkové plyny a odpadní teplo [1].

Energetické mixy jednotlivých států se mohou od sebe značně lišit a to proto, že energetický mix ovlivňuje spousta faktorů. Především to je poloha státu, klimatické podmínky, politika státu a také dostupnost surovin, které se používají jako palivo do elektráren. Zároveň výsledný energetický mix ovlivňuje to, s jakými mezními náklady daný typ elektrárny vyrábí elektrickou energii. Základ mixu tvoří jaderné elektrárny a elektrárny, které vyrábí elektřinu z obnovitelných zdrojů, protože tyto elektrárny vyrábí elektřinu s nejnižšími mezními náklady. Pokud je jejich kapacita nedostatečná, přidává se do mixu elektrická energie z dražších uhelných elektráren a poté i z paroplynových elektráren. Cena jednotlivých zdrojů se neodvíjí pouze od ceny paliva, ale promítají se do ní i emisní povolenky. To má za následek, že energie z plynových elektráren se cenově blíží energii z uhlí, čímž v energetickém mixu roste podíl plynových elektráren, i když pracují s dražším palivem. Vliv na energetický mix mají i různé mezinárodní dohody a závazky jako je například Kjótský protokol a v případě České republiky i strategie Evropské unie, která ovlivňuje cenu emisních povolenek a tlačí na členské státy, aby zvyšovaly podíl obnovitelných zdrojů v energetickém mixu. Ačkoliv mají státy různé představy o vlastním energetickém mixu, cílem všech zemí je mít takový energetický mix, který jim zajistí co možná největší energetickou bezpečnost a nezávislost [2].

1.1 Energetická bezpečnost

K zajištění energetické bezpečnosti je důležité vhodné složení zdrojů elektrické energie. Úkolem energetické bezpečnosti je zajistit nepřerušované dodávky elektrické energie v dostatečné kvalitě a za přijatelné ceny. Zatím není možné akumulovat elektřinu ve velkém množství, a proto je nutné, aby se množství vyrobené elektrické energie rovnalo množství spotřebované elektrické energie. Z tohoto důvodu je nutné, aby energetický mix obsahoval dostatečný počet zdrojů elektrické energie, které jsou dobře a rychle regulovatelné a tím zajistit stabilitu elektrické přenosové soustavy. Z hlediska pokrytí denní spotřeby elektrické energie se zdroje elektrické energie rozdělují na základní, pološpičkové a špičkové. Na obrázku 1.1 je vidět, jak se tyto zdroje podílí na pokrytí denní spotřeby. Základní zdroje jsou hůře regulovatelné a pokrývají základní spotřebu elektrické energie během dne. Mezi tyto zdroje patří například uhelné, jaderné a průtočné vodní elektrárny. Pokud je výkon těchto základních zdrojů nedostatečný pro pokrytí spotřeby elektrické energie, přidávají se k nim pološpičkové zdroje. Tyto zdroje tvoří akumulární vodní elektrárny a plynové elektrárny a tyto elektrárny jsou lépe regulovatelné. Špičkové zatížení pokrývají zdroje, které jsou velmi rychle regulovatelné, takže například paroplynové a přečerpávací elektrárny. Zařazení druhů elektráren do příslušného pásma zatížení však není striktní, takže některé elektrárny mohou zasahovat i do sousedního pásma zatížení. Zařazení všech třech typů zdrojů do energetického mixu umožňuje dosáhnout stabilních dodávek elektrické energie za přijatelnou cenu [3].



Obr. 1.1 Pokrývání denního diagramu zatížení [4].

1.2 Státní energetická koncepce

Státní energetická koncepce (SEK) je strategický dokument, který se zabývá energetickou politikou České republiky. Vláda České republiky v roce 2015 schválila aktualizovanou Státní energetickou koncepci, která stanovuje energetické cíle ČR na následujících 25 let. SEK obsahuje tři strategické cíle, tím prvním je zajištění spolehlivé a bezpečné dodávky energie pro spotřebitele, a to jak při běžném provozu, tak i během nouzových situací (např. poruchy a útoky, výpadek dodávky primárního zdroje). Dalším cílem je konkurenceschopnost, tedy aby konečné ceny energie pro spotřebitele byly srovnatelné s ostatními zeměmi regionu. Posledním cílem je udržitelnost a ta cílí na strukturu energetiky, která je dlouhodobě udržitelná z pohledu životního prostředí, finančně-ekonomického, lidských zdrojů a primárních zdrojů [5].

K plnění strategických cílů slouží pět strategických priorit. První prioritou je vyvážený energetický mix primárních energetických zdrojů, který efektivně využívá všechny dostupné tuzemské energetické zdroje a pokryje spotřebu ČR s dostatkem rezerv. Další priorita si klade za cíl dosáhnout úspor energie v hospodářství a v domácnostech a současně zvyšovat energetickou účinnost. Třetí priorita je zaměřena na rozvoj síťové infrastruktury ČR a zároveň posílení mezinárodní spolupráce včetně podpory vytváření společné energetické politiky Evropské unie. Čtvrtou prioritou je podpora vývoje, výzkumu a inovací, které zajistí konkurenceschopnost české energetiky. Jelikož bude nutná generační obměna v oblasti energetiky je součástí této priority i podpora školství a zlepšení kvality technické inteligence v oblasti energetiky. Poslední priorita se zabývá zvýšením energetické bezpečnosti a odolnosti ČR a posílit tak schopnost zajištění potřebných dodávek energie v případě nahromadění poruch, dlouho trvajících krizí se zásobováním paliv, či vícenásobných útoků proti kritické infrastruktuře [5].

2 Vývoj energetického mixu v České republice

2.1 Historický vývoj energetického mixu

2.1.1 Vývoj do poloviny 20. století

V českých zemích začali první elektrárny vznikat na přelomu 19. a 20. století, a to především pro potřeby průmyslu a zemědělství, postupně i pro potřeby měst a obcí. Tyto elektrárny pracovaly s různými technickými parametry. Dodávaly střídavý i stejnosměrný proud, různé hodnoty napětí a kmitočtů [6]. V té době už byla na českém území rozvinuta těžba uhlí, a proto první elektrárny využívaly jako palivo právě levné a dostupné domácí uhlí. V roce 1887 byla na Žižkově zprovozněna první veřejná parní elektrárna v českých zemích. Na přelomu 19. a 20. století byla zprovozněna elektrárna Holešovice, která jako první vyráběla střídavý třífázový proud [7]. V době vzniku Československa disponovala holešovická elektrárna výkonem necelých 24 MW a v té době to byla nejvýkonnější elektrárna na českém území. V roce 1919 byl vydán zákon „O soustavné elektrizaci“ a díky tomuto zákonu vzniklo v meziválečném období velké množství elektráren. Výkon parních elektráren vzrostl mezi lety 1919–1939 o 354,7 MW, přičemž v roce 1920 měly všechny evidované elektrárny výkon 800 MW. Druhá světová válka v podstatě zastavila výstavbu nových zdrojů. Výjimkou byla teplárna v Záluží u Mostu s elektrickým výkonem 200 MW. V průběhu druhé světové války rovněž začala výstavba elektrárny Ervěnice II, která měla sloužit pro potřeby německého průmyslu a s plánovaným výkonem 1000 MW se měla stát nejvýkonnější elektrárnou na světě. Elektrárna Ervěnice II však byla dokončena až v roce 1952 s celkovým výkonem 140 MW [8].

V době vzniku prvních veřejných parních elektráren vznikaly na českém území i vodní elektrárny. První zprovozněnou vodní elektrárnou se v roce 1888 stala elektrárna v Jindřichově Hradci. Nejdříve byly instalovány malé zdroje ve mlýnech, na pilách apod. V roce 1918 se výkon většiny provozovaných elektráren pohyboval v řádu desítek kW. V meziválečném období se výstavba nových vodních elektráren zrychlila v důsledku vydání elektrizačního zákona. V polovině dvacátých let činil instalovaný výkon vodních elektráren 48,8 MW. Ve třicátých letech byly zprovozněny i první velké vodní elektrárny. Jako první byla spuštěna vodní elektrárna Vranov nad Dyjí, poté následovaly elektrárny Střekov na Labi a Vrané na Vltavě. Vodní elektrárna Vrané byla první elektrárnou Vltavské kaskády. Ve čtyřicátých letech se přidal druhý článek Vltavské kaskády v podobě vodní elektrárny Štěchovice I a následně byla v roce 1947 zprovozněna první větší přečerpávací vodní elektrárna Štěchovice II o instalovaném výkonu 42 MW a se spádem vody 220 m. V době výstavby velkých vodních elektráren pokračovala i výstavba malých vodních elektráren (MVE) s instalovaným výkonem do 10 MW. Zároveň probíhala modernizace a zvyšování výkonu již zprovozněných zdrojů. V polovině 20. století tehdejší ČEZ provozoval 4392 hydroenergetických zdrojů o instalovaném výkonu 336,2 MW [7].

2.1.2 Vývoj ve druhé polovině 20. století

Konec druhé světové války znamenal obnovení průmyslu, a proto se v padesátých letech naplno rozběhla výstavba nových parních elektráren. Nové elektrárny se stavěly v blokovém uspořádání kotel – turbína, přičemž se stavěly bloky o výkonu 50 MW nebo 55 MW a zároveň začal vývoj bloku o výkonu 100 MW a 200 MW. V šedesátých letech byla zahájena výstavba bloků o výkonu 110 MW a koncem šedesátých let byl v elektrárně Ledvice zprovozněn i první blok o výkonu 200 MW. V průběhu šedesátých let byl nově uveden do provozu výkon 1980 MW. V sedmdesátých a osmdesátých letech pokračovala výstavba dalších bloků. Většinou se stavěly bloky o výkonu 110 MW a 200 MW. Výjimkou byly elektrárna Prunéřov II, která sestávala z pěti bloků o výkonu 210 MW, a elektrárna Mělník III s jedním blokem o výkonu 500 MW. Celkově bylo v tomto období zprovozněno dalších 8640 MW. Velké množství parních elektrá-

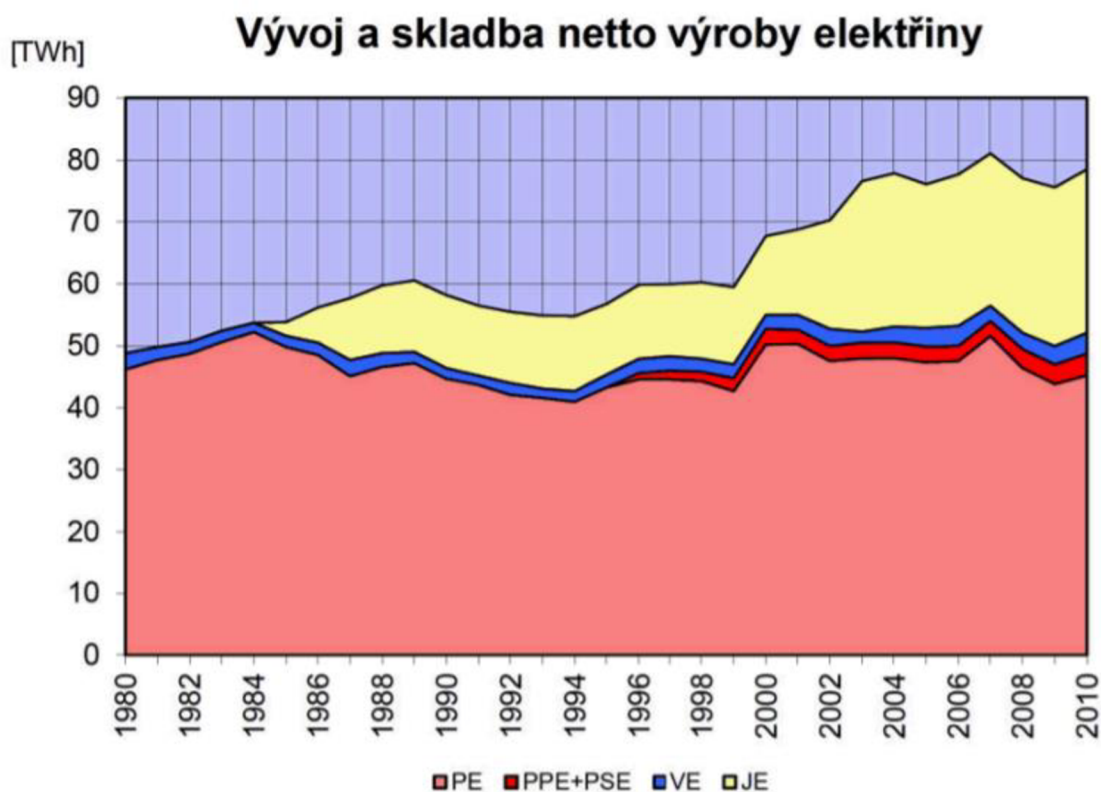
ren však mělo neblahý vliv na životní prostředí. První pokus o odsíření byl proveden už v osmdesátých letech, avšak nebyl úspěšný, protože se nepovedlo zprovoznit odsiřovací jednotku. Až politické a společenské změny, které se odehrály po listopadu 1989, vedly k velkým investicím do ekologizace parních elektráren. První vlna ekologizace elektráren byla provedena v letech 1992–1998 a celkové investice činily desítky miliard korun. Oproti hodnotám na počátku devadesátých let se povedlo zmenšit emise SO₂ o 92 %, pevných částic popílku o 95 %, emise NO_x o 50 % a emise CO o 77 % [8].

V oblasti vodních elektráren došlo v padesátých letech ke změně koncepce. Po znárodnění neměly velké energetické státní podniky o MVE zájem, a tak bylo spoustu MVE zrušeno. Budování MVE o výkonu do 200 kW bylo označeno za nevhodné a stavěly se pouze MVE nad 200 kW. V padesátých a začátkem šedesátých letech se stavěly hlavně velké vodní elektrárny, především pokračovala výstavba Vltavské kaskády. V roce 1961 tvořilo Vltavskou kaskádu 8 elektráren a celkový instalovaný výkon činil necelých 750 MW. Přehled osmi elektráren Vltavské kaskády je uveden v tabulce 2.1. Údaje v tabulce platí pro rok uvedení elektrárny do provozu. Po roce 1970 se přestaly stavět nové velké vodní elektrárny a výstavba se přesunula na velké přečerpávací vodní elektrárny (PVE). Mezi lety 1970–1978 byla postavena PVE Dalešice s instalovaným výkonem 450 MW. Tato elektrárna byla stavěna především z důvodu zajištění technologické vody pro později budovanou Jadernou elektrárnu Dukovany. Další PVE Dlouhé stráně se začala stavět v roce 1978 a dokončena byla v roce 1996. Elektrárna pracuje se spádem 510,7 m, což je nejvíc v České republice, a obsahuje dvě reverzní Francisovy turbíny, přičemž každá má výkon 325 MW. V devadesátých letech byla vybudována nová, moderní PVE Štěchovice II, která nahradila zastaralou PVE z roku 1947. Původní dvě soustrojí nahradila jedna reverzní Francisova turbína o výkonu 45 MW. Po roce 1990 došlo k politickým změnám a uvolnění soukromého podnikání, a to i v oblasti MVE. Byly zrušeny administrativní omezení, které se týkaly instalovaného výkonu a roční výroby elektřiny, což mělo za následek obnovování a budování nových MVE ve vhodných lokalitách [7].

Tab. 2.1 Přehled vodních elektráren Vltavské kaskády v roce 1961 [7].

Vodní elektrárna	Typ vodní elektrárny	Uvedení do provozu	Počet soustrojí [MW]	Typ turbíny	Celkový instalovaný výkon [MW]
Vrané	akumulační jezová	1936	2×6,94	Kaplan	13,88
Štěchovice I	akumulační přehradová	1944	2×11,25	Kaplan	22,5
Štěchovice II	přečerpávací	1947	2×21,0	Francis	42
Slapy	akumulační přehradová	1955	3×48,0	Kaplan	144
Lipno I	akumulační přehradová	1959	2×60,0	Francis	120
Lipno II	průtočná	1957	1×1,5	Kaplan	1,5
Orlík	akumulační přehradová	1961	4×91,0	Kaplan	364
Kamýk	akumulační přehradová	1961	4×10,0	Kaplan	40

Z obrázku 2.1 je patrné, že až do poloviny osmdesátých let se na výrobě elektrické energie v České republice podílely pouze parní a vodní elektrárny. V roce 1985 však byla zprovozněna Jaderná elektrárna Dukovany, která se stala první jadernou elektrárnou na českém území. Historie dukovanské elektrárny se začala psát v roce 1970, kdy ČSSR a SSSR podepsaly dohodu o stavbě dvou jaderných elektráren (Jaslovské Bohunice a Dukovany). Stavba elektrárny Dukovany započala v roce 1978 a mezi lety 1985 a 1987 probíhalo spouštění reaktorů. Elektrárna se skládá ze 4 výrobních bloků a v době spuštění měl každý blok instalovaný výkon 440 MW [9]. V roce 1987 byla zahájena výstavba další české jaderné elektrárny. Jaderná elektrárna Temelín měla původně disponovat 4 výrobními bloky, každý o výkonu přibližně 1000 MW. Po listopadu 1989 bylo rozhodnuto, že se dokončí pouze dva bloky. Ke konci roku 2000 vyrobil první blok první elektřinu [10].



Obr. 2.1 Vývoj a skladba netto výroby elektřiny v ČR [11].

V polovině devadesátých let se součástí energetického mixu České republiky staly paroplynové elektrárny (PPE). Oproti parním elektrárnám mají nižší emise, a tak byly budovány za účelem ekologizace tuzemské energetiky. V roce 1996 byla zprovozněna PPE Vřesová s instalovaným výkonem 2×200 MW. Jako primární palivo slouží energoplyn, který vzniká při zplyňování hnědého uhlí, sekundárním palivem je zemní plyn. Výhodou využití energoplynu je nezávislost na drahém zemním plynu, takže elektrárna Vřesová může být využívána ve stabilním provozu na rozdíl od jiných PPE, které slouží na pokrytí špiček ve spotřebě energie [12]. Mezi další významné PPE, které byly v devadesátých letech zprovozněny, patří Kladno I o výkonu 67 MW, Trmice o výkonu 70 MW a teplárna Červený Mlýn v Brně s instalovaným výkonem 95 MW [7].

K výrobě elektrické energie se v devadesátých letech začaly ve větším množství používat také větrné elektrárny. První větrná elektrárna, která měla instalovaný výkon vyšší než 10 kW, byla postavena již v roce 1988 u Bánova, kousek od hranic se Slovenskem. Avšak tato elektrárna nebyla vhodně umístěná a místní turbulence vzdušného proudění způsobily dvě havárie

rotoru a zlomení příruby ocelového stožáru. Tato elektrárna byla po roce 1990 demontována [13]. V letech 1990–1995 bylo vybudováno 24 větrných elektráren s celkovým instalovaným výkonem 8,22 MW. Po roce 1995 došlo k útlumu výstavby z důvodu nedostatečné legislativní podpory a žádná nová větrná elektrárna se již nepostavila [14].

2.1.3 Vývoj v letech 2001–2017

Nejvýznamnější událostí, která se v tomto období stala u parních elektráren, byla druhá vlna modernizace a ekologizace uhelných zdrojů. V rámci této vlny, která probíhala od roku 2008 do roku 2017 [15], byla v roce 2012 dokončena modernizace všech čtyř výrobních bloků Elektrárny Tušimice II. Další zmodernizovanou elektrárnou se v roce 2016 stala Elektrárna Prunéřov II. U této elektrárny byly zmodernizovány tři výrobní bloky z celkových pěti a zároveň se zvýšil i jejich výkon z 210 MW na 250 MW. Modernizace těchto dvou elektráren měla za následek zvýšení účinnosti, úsporu primárního paliva a snížení emisí. Součástí druhé vlny byla i výstavba nového výrobního bloku v Ledvicích, který byl zprovozněn v roce 2017. Výkon tohoto bloku je 660 MW a jako jediný v České republice pracuje s nadkritickými parametry [16].

V letech 2002 a 2003 byl zahájen zkušební provoz obou bloků Jaderné elektrárny Temelín. Z tabulky 2.2 je patrné, že v letech 2008–2017 docházelo k postupnému navyšování výkonu jaderných elektráren až na hodnotu 4290 MW. Výkon temelínské elektrárny byl zvýšen na hodnotu 2×1125 MW [10] a v roce 2012 skončila modernizace všech čtyř bloků Jaderné elektrárny Dukovany, při které byl celkový výkon navyšován na hodnotu 4×510 MW. V tabulce 2.3 je vidět, že se zvyšujícím se výkonem rostla také roční výroba elektrické energie až na hodnotu kolem 30 TWh v letech 2012–2014. Poté však došlo k poklesu roční výroby, kvůli častějším odstávkám výrobních bloků v Jaderné elektrárně Dukovany [9].

Tab. 2.2 Vývoj instalovaného výkonu v elektrizační soustavě ČR [MW] [17].

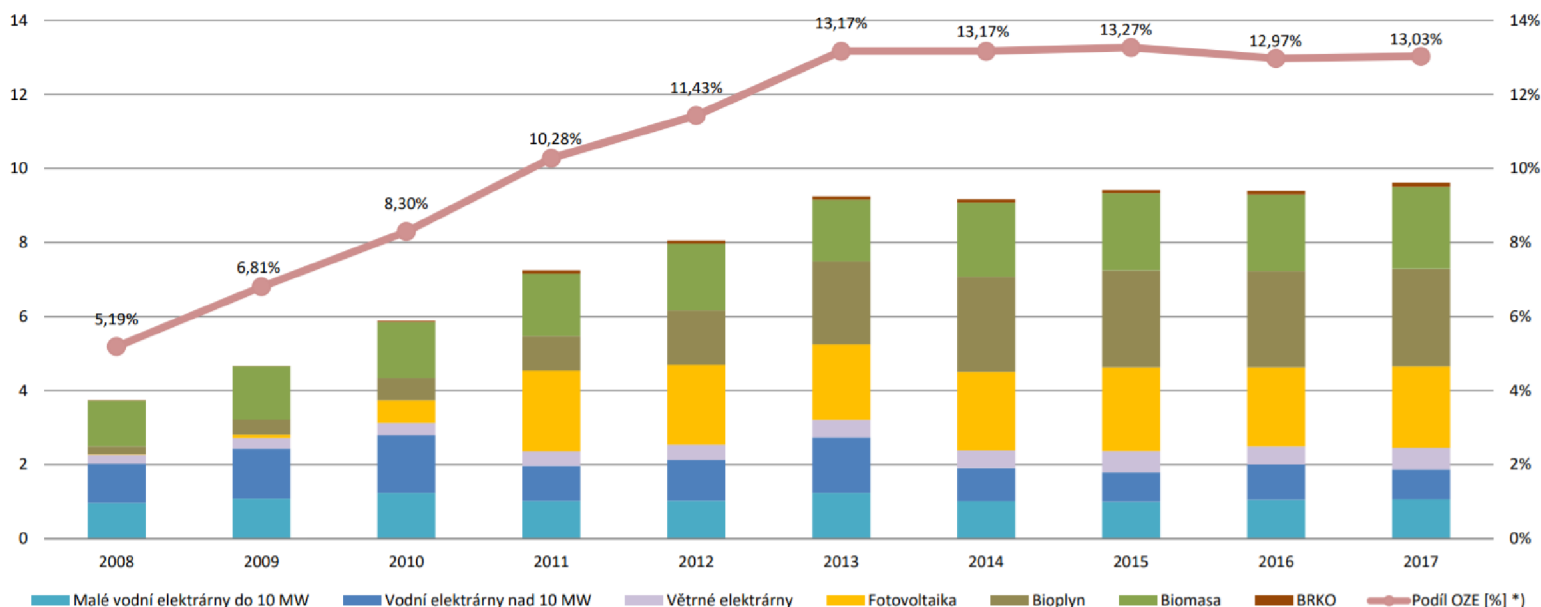
Typ elektrárny	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Jaderné	3 760,0	3 830,0	3 900,0	3 970,0	4 040,0	4 290,0	4 290,0	4 290,0	4 290,0	4 290,0
Parní	10 685,2	10 720,1	10 769,0	10 787,5	10 644,1	10 819,5	10 741,9	10 741,9	10 850,0	11 075,4
Paroplynové	569,7	560,7	590,7	590,7	520,7	518,0	1 363,3	1 363,3	1 363,5	1 363,5
Plynové a spalovací	327,9	374,2	433,7	510,8	750,1	820,1	855,9	855,9	874,0	895,9
Vodní	1 045,3	1 036,5	1 056,1	1 054,6	1 069,2	1 082,7	1 080,4	1 087,5	1 090,2	1 092,7
Přečerpávací	1 146,5	1 146,5	1 146,5	1 146,5	1 146,5	1 146,5	1 171,5	1 171,5	1 171,5	1 171,5
Větrné	150,0	193,2	217,8	218,9	263,0	270,0	278,1	280,6	282,0	308,2
Fotovoltaické	39,5	464,6	1 959,1	1 971,0	2 086,0	2 132,4	2 067,4	2 074,9	2 067,9	2 069,5
Celkem	17 724,1	18 325,8	20 072,9	20 250,0	20 519,6	21 079,2	21 848,5	21 865,6	21 989,1	22 266,7

V roce 2011 byl ukončen provoz paroplynové jednotky v areálu trmické teplárny o výkonu 70 MW, která byla v provozu od roku 1998 [18]. V tabulce 2.2 si můžeme všimnout výrazného nárůstu instalovaného výkonu paroplynových elektráren v roce 2014. Tento nárůst byl způsoben zprovozněním paroplynové elektrárny Počerady o celkovém výkonu 838 MW. Paroplynový cyklus v Počeradech je složen ze dvou plynových turbín, přičemž každá má výkon 284 MW, a jedné parní turbíny o výkonu 270 MW [12].

Tab. 2.3 Vývoj výroby elektřiny brutto v ČR [GWh] [17].

Typ elektrárny	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Jaderné	26 551,0	27 207,8	27 988,2	28 282,6	30 324,2	30 745,3	30 324,9	26 840,8	24 104,2	28 339,6
Parní	51 218,8	48 457,4	49 979,7	49 973,0	47 261,0	44 737,0	44 419,3	44 819,2	45 704,1	45 431,7
Paroplynové	2 431,7	2 250,9	2 349,6	2 344,4	2 200,4	2 092,8	2 204,7	2 749,0	4 049,2	3 722,4
Plynové a spalovací	681,0	974,3	1 250,8	1 610,7	2 234,7	3 179,6	3 494,4	3 572,1	3 613,9	3 719,6
Vodní	2 024,3	2 429,6	2 789,4	2 134,1	2 231,5	2 856,4	1 909,2	1 794,8	2 000,5	1 869,5
Přečerpávací	352,0	553,1	591,2	700,9	731,4	905,3	1 051,5	1 276,0	1 201,5	1 170,5
Větrné	244,7	288,1	335,5	396,8	417,3	478,3	476,5	572,6	497,0	591,0
Fotovoltaické	12,9	88,8	615,7	2 118,0	2 173,1	2 070,2	2 122,9	2 263,8	2 131,5	2 193,4
Celkem	83 516,4	82 250,0	85 900,1	87 560,5	87 573,6	87 064,9	86 003,4	83 888,3	83 301,9	87 037,7

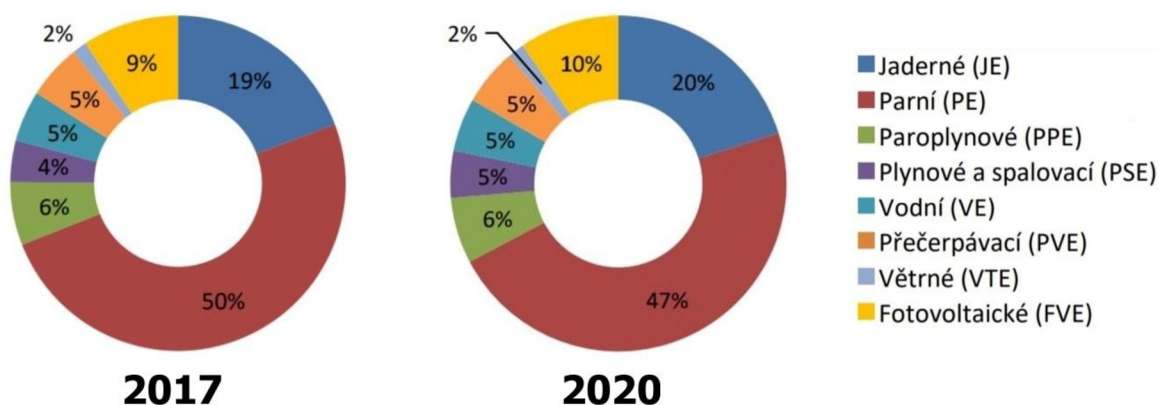
V období 2001–2017 došlo k výraznému nárůstu množství vyrobené elektřiny z obnovitelných zdrojů energie (OZE). Jak ukazuje obrázek 2.2, šlo především o fotovoltaické elektrárny a zdroje spalující bioplyn. Po zastavení výstavby v devadesátých letech se opět začaly stavět i větrné elektrárny a mezi lety 2002–2017 se instalovaný výkon větrných elektráren zvýšil o 301,8 MW [19]. Největší český větrný park byl zprovozněn v roce 2007. Farma větrných elektráren Kryštofovy Hamry se nachází v Krušných horách a v roce 2007 se skládala z 21 turbín o celkovém výkonu 42 MW, později byly postaveny další čtyři turbíny [20]. Instalovaný výkon fotovoltaických elektráren zaznamenal největší nárůst v roce 2010, kdy se zvětšil o 1494,5 MW viz tabulka 2.2 [17]. V roce 2010 byla zprovozněna i nejvýkonnější fotovoltaická elektrárna FVE Ralsko. FVE Ralsko se skládá z pěti samostatných elektráren, které jsou od sebe vzdáleny jednotky kilometrů, a jejich celkový instalovaný výkon je 55,8 MW [21]. Růst OZE byl způsoben státem garantovanými vysokými výkupními cenami elektřiny, u fotovoltaických elektráren k růstu přispělo i zlevnění fotovoltaických panelů [22]. Podíl OZE na celkové tuzemské brutto spotřebě se od roku 2008 postupně zvyšoval až na hodnotu 13 % v roce 2013, kdy se nárůst zastavil. S rostoucí výrobou elektrické energie z OZE výrazně rostla i výroba elektřiny z přečerpávacích elektráren viz tabulka 2.3, ačkoliv jejich instalovaný výkon vzrostl pouze o 25 MW. Díky schopnosti rychlého najetí na plný výkon pomáhají přečerpávací elektrárny pokrýt výkyvy v síti, které vznikají stále častěji kvůli nepředvídatelnému výkonu OZE [23].



Obr. 2.2 Vývoj výroby elektřiny brutto z OZE a její podíl na tuzemské brutto spotřebě [TWh][17].

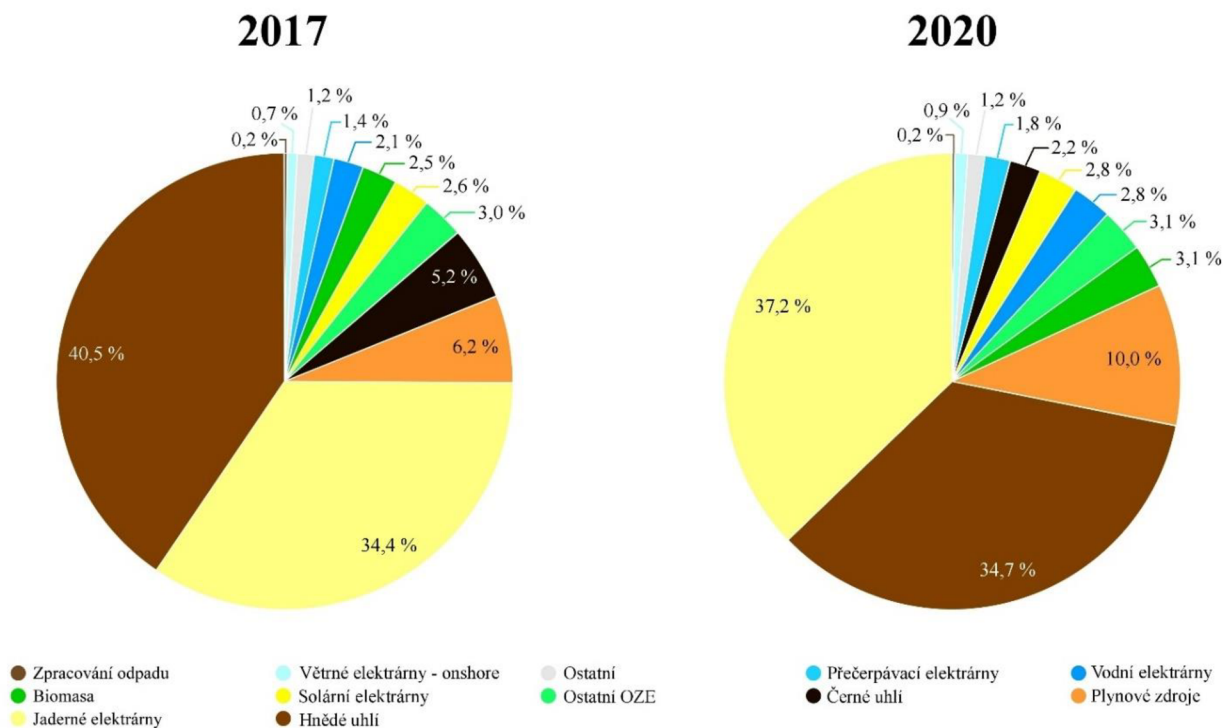
2.2 Současný stav

Po roce 2017 došlo k odstavení několika parních elektráren a jejich instalovaný výkon se v období 2018–2020 snížil zhruba o 1000 MW, což se projevilo i snížením podílu parních elektráren na celkovém instalovaném výkonu o 3 % [17] [24]. Jednou z odstavených parních elektráren byla elektrárna Pruněřov I o celkovém výkonu 440 MW, která byla odstavena na konci června 2020 [25]. K poklesu instalovaného výkonu parních elektráren bude docházet i v budoucnu. V roce 2021 by měl být ukončen provoz elektrárny Mělník III o instalovaném výkonu 500 MW. Mělnická elektrárna bude nahrazena plynovou teplárnou a paroplynovým zdrojem [26]. V důsledku poklesu instalovaného výkonu parních elektráren se snížil i celkový instalovaný výkon a vzrostl podíl jaderných, fotovoltaických a plynových elektráren na celkovém výkonu, ačkoliv se výkon jaderných elektráren po roce 2017 vůbec nezměnil [17] [24]. V roce 2020 přibýlo zhruba 50 MW fotovoltaických elektráren, což je oproti roku 2019 dvojnásobek. Většinou se jednalo o malé zdroje do 10 kW, které byly umístovány především na střechy továren a podniků [27]. Ovšem celkový instalovaný výkon ve srovnání s rokem 2017 klesl o 15,5 MW a na konci roku 2020 činil 2054 MW [17] [24]. Během roku 2020 nebyla zprovozněna žádná nová větrná elektrárna a do provozu byla uvedena pouze jedna malá vodní elektrárna o výkonu 240 kW [27].



Obr. 2.3 Podíl instalovaného výkonu v elektrizační soustavě ČR [17] [24].

Obrázek 2.4 zobrazuje porovnání energetického mixu České republiky v roce 2017 a 2020 a můžeme si povšimnout, že skoro 75 % elektrické energie vyrobené v roce 2017 připadalo na hnědouhelné a jaderné elektrárny. Podíl hnědouhelných elektráren na celkové výrobě elektřiny však v následujících letech klesal a v roce 2020 činil 34,7 %, což je ve srovnání s rokem 2017 pokles o 5,8 %. Nižší podíl zaznamenaly i elektrárny spalující černé uhlí. V průběhu roku 2017 vyrobily černouhelné elektrárny 5,2 % elektrické energie, v roce 2020 už vyrobily pouze 2,2 % [28]. Pokles výroby uhelných elektráren nezpůsobil jenom dříve popsany pokles instalovaného výkonu parních elektráren, ale k nižší výrobě přispěla i rostoucí cena emisních povolenek. Vyšší cena emisních povolenek prodražuje výrobu elektřiny a uplatnění uhelných elektráren na trhu je tak čím dál složitější [29]. V roce 2020 navíc vypukla pandemie nemoci COVID-19, kvůli které klesla spotřeba energie a tím pádem se snížila i její výroba, což způsobilo další pokles výroby elektřiny z uhlí. Například ve druhém čtvrtletí roku 2020 se meziroční absolutní pokles výroby u uhelných elektráren rovnal 25,8 % [30]. Po roce 2017 se zvyšovala produkce jaderných elektráren a v letech 2019 a 2020 přesáhla 30 TWh [31]. Nárůst výroby se projevil i zvýšením podílu jaderných elektráren na celkové roční výrobě. Vůči roku 2017 byl v roce 2020 vyšší o 2,8 % a činil 37,2 %, což z jaderných elektráren dělá zdroj, který během roku 2020 vyrobil nejvíc elektrické energie. Dále si lze povšimnout většího podílu plynových zdrojů, který v roce 2020 dosáhl 10 % [28]. Nárůst u plynových zdrojů byl způsoben poklesem cen zemního plynu a vyšší cenou elektřiny [29]. V roce 2020 dosáhly rekordní produkce dvě největší české přečerpávací elektrárny Dalešice a Dlouhé stráně. K rekordní produkci přispěly krátké odstávky, větší množství srážek a milionové investice do zvýšení účinnosti [32] [33]. I přes rekordní produkci se podíl přečerpávacích elektráren na roční výrobě vůči roku 2017 v podstatě nezměnil. Vzhledem ke stagnaci instalovaného výkonu fotovoltaických a větrných elektráren se mezi roky 2017 a 2020 výrazně nezměnil ani jejich podíl na celkové výrobě [28]. V roce 2020 bylo v Česku vyrobeno 81,4 TWh elektrické energie, což je nejméně od roku 2002. Současně s roční výrobou klesla i spotřeba elektřiny, která v roce 2020 činila 71,4 TWh a byla nejnižší od roku 2015. Důvodem poklesu výroby a spotřeby elektrické energie byla pandemie koronaviru [34].

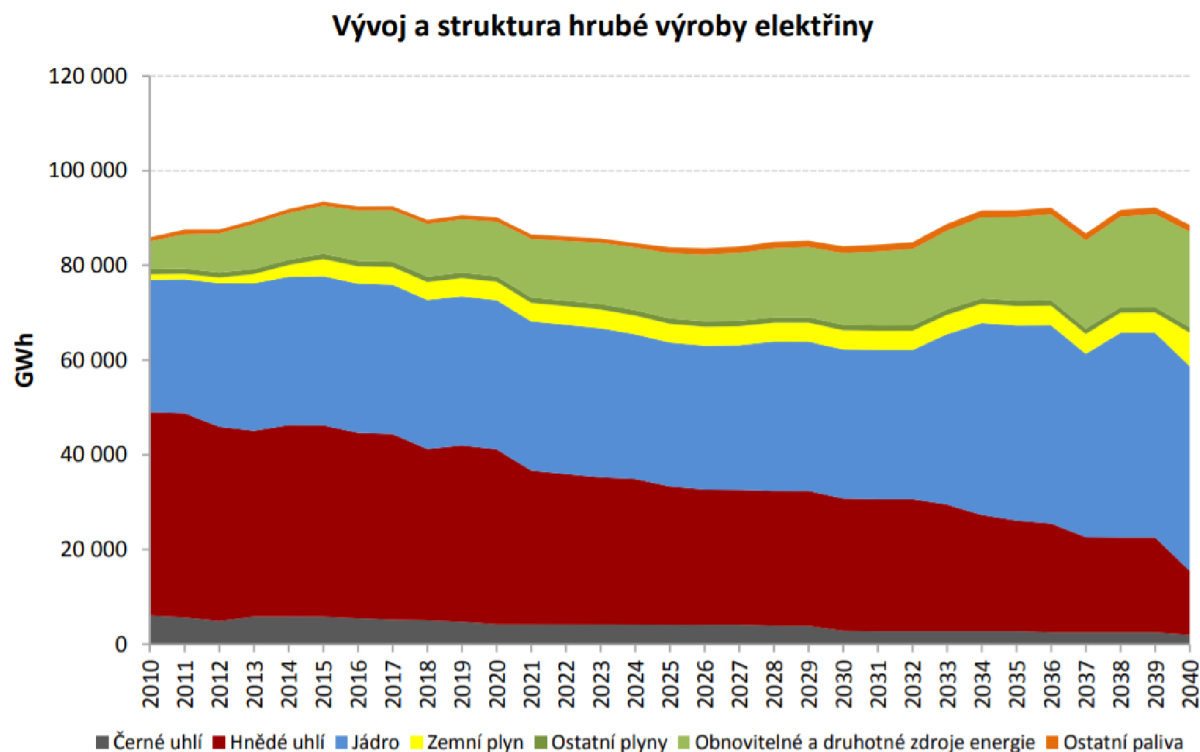


Obr. 2.4 Energetický mix ČR v letech 2017 a 2020 [28].

2.3 Budoucí vývoj energetického mixu

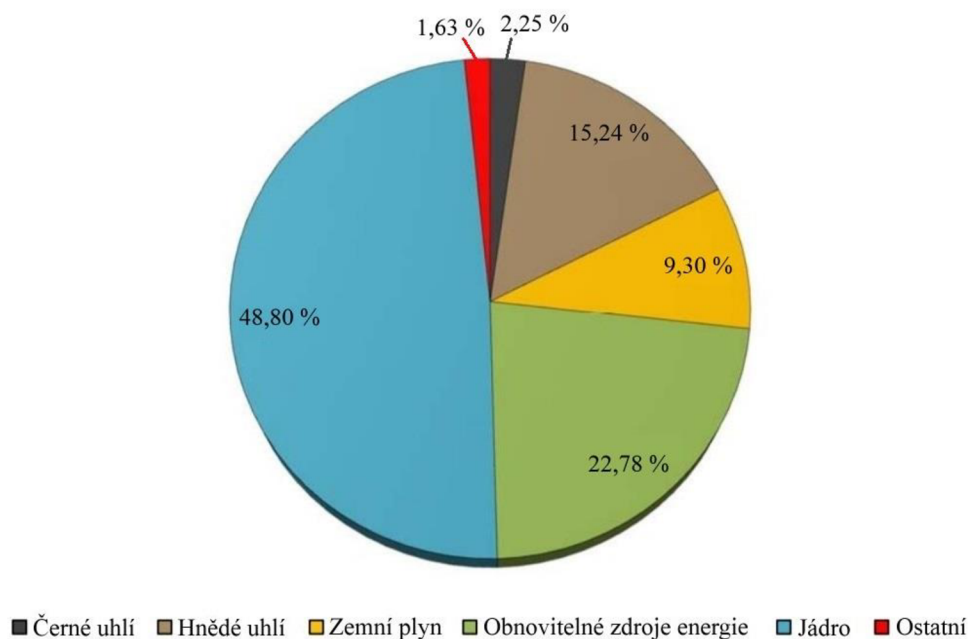
Hlavním dokumentem, který popisuje možný budoucí vývoj energetického mixu České republiky, je Státní energetická koncepce, jejíž aktualizace byla schválena vládou ČR v roce 2015. V rámci aktualizace bylo zpracováno několik scénářů budoucího vývoje energetického mixu. Přímou v dokumentu SEK je popsán tzv. optimalizovaný scénář, který nejlépe odpovídá vyváženému naplňování třech strategických cílů i strategických záměrů státu pro jednotlivé dílčí oblasti SEK. SEK předpokládá, že spotřeba elektrické energie se bude v následujících letech postupně zvyšovat ve všech odvětvích národního hospodářství kromě domácností. Tomu odpovídá i nárůst hrubé (brutto) výroby elektřiny v období 2010–2040, ačkoliv nebude tak výrazný viz obrázek 2.5. Dojde tedy k postupnému snížení přebytku výroby, a to na téměř vyrovnanou bilanci. V roce 2010 činil podíl hrubé výroby elektřiny ku brutto spotřebě 121,1 %, v roce 2040 je předpoklad 104,4 % [5].

Jediným zdrojem, u kterého se předpokládá pokles roční výroby elektřiny, jsou uhelné elektrárny [5]. V roce 2020 uhelné elektrárny vyrobily zhruba 37 % elektřiny [28], v roce 2040 by podle SEK měl být podíl uhelných elektráren na výrobě přibližně 17 % [5]. Je však velmi pravděpodobné, že pokles výroby elektrické energie z uhelných elektráren bude mnohem razantnější a v roce 2040 už nebudou uhelné elektrárny součástí energetického mixu ČR. Koncem roku 2020 doporučila Uhlé komise přestat využívat uhlí v roce 2038. Komise vybírala mezi roky 2033, 2038 a 2043. Konec využívání uhlí je nicméně podmíněn včasným nahrazením uhelných zdrojů jinými zdroji a tím zajistit energetickou bezpečnost České republiky. Doporučení Uhlé komise bylo předáno vládě ČR, která učiní finální rozhodnutí o konci využívání uhlí a zároveň by vláda měla jednou za pět let rozhodnutí přezkoumat. Trend ukončování výroby elektřiny z uhlí je patrný ve většině evropských států a souvisí se snížením emisí CO₂. V tomto desetiletí plánuje přestat využívat uhlí k výrobě elektrické energie 11 evropských zemí [35].



Obr. 2.5 Vývoj a struktura hrubé výroby elektřiny podle SEK [5].

Hlavním zdrojem, který by měl nahradit odstavené uhelné elektrárny, by se měly stát nové jaderné zdroje. Předpoklad SEK je, že díky zprovoznění nových jaderných zdrojů by se měla roční výroba zvýšit až na 43 TWh, což by vyžadovalo zprovoznění dvou nových jaderných bloků o výkonu necelých 1000 MW. Současně s vyšší výrobou by se zvýšil i podíl jaderných elektráren na celkové roční výrobě na necelých 50 % viz obrázek 2.6, takže by jaderné elektrárny měly ze všech zdrojů největší podíl na roční výrobě [5]. O výstavbě nových jaderných bloků se uvažovalo již začátkem 21. století. Tehdy se uvažovalo o výstavbě dvou nových bloků Jaderné elektrárny Temelín a výběrové řízení bylo zahájeno společností ČEZ v roce 2009. O pět let později ČEZ tendr zrušil, protože stát neposkytl na stavbu garance [36]. V současné době je nejbliž k výstavbě 5. blok Jaderné elektrárny Dukovany. V červenci roku 2020 vláda ČR schválila model výkupu elektřiny [37] a model financování plánovaného bloku. Očekávaná cena za nový blok je přibližně 162 miliard korun [38]. Jedná se ovšem o velmi optimistický odhad a po zkušenostech z Evropy se dá předpokládat, že cena za nový blok bude vyšší. Alternativní odhady počítají s cenou 200–500 miliard a vyšší cenu očekává i minoritní akcionář ČEZ a odborník na energetiku Michal Šnobl, který si myslí, že nový blok bude stát 300–400 miliard korun [39]. Plánovaný začátek stavby je v roce 2029 a ke zprovoznění nového bloku by mělo dojít v roce 2036. [38] Předsedkyně Státního úřadu pro jadernou bezpečnost Dana Drábová však očekává reálné spuštění nejdříve mezi lety 2038–2040 [40]. Původně chtěl ČEZ vypsát tendr v prosinci 2020 [41], avšak ani v půlce února 2021 ještě nebyl tendr zahájen, protože dosud nebylo stanoveno, jak se bude řešit výběr dodavatele [42]. Současně s výstavbou nového bloku se plánuje zvýšit životnost stávajících dukovanských bloků na 60 let, takže by k jejich odstavení docházelo mezi lety 2045 a 2047. ČEZ předpokládá, že prodloužení životnosti čtyř dukovanských bloků by vyžadovalo investice ve výši 55 miliard korun [43].



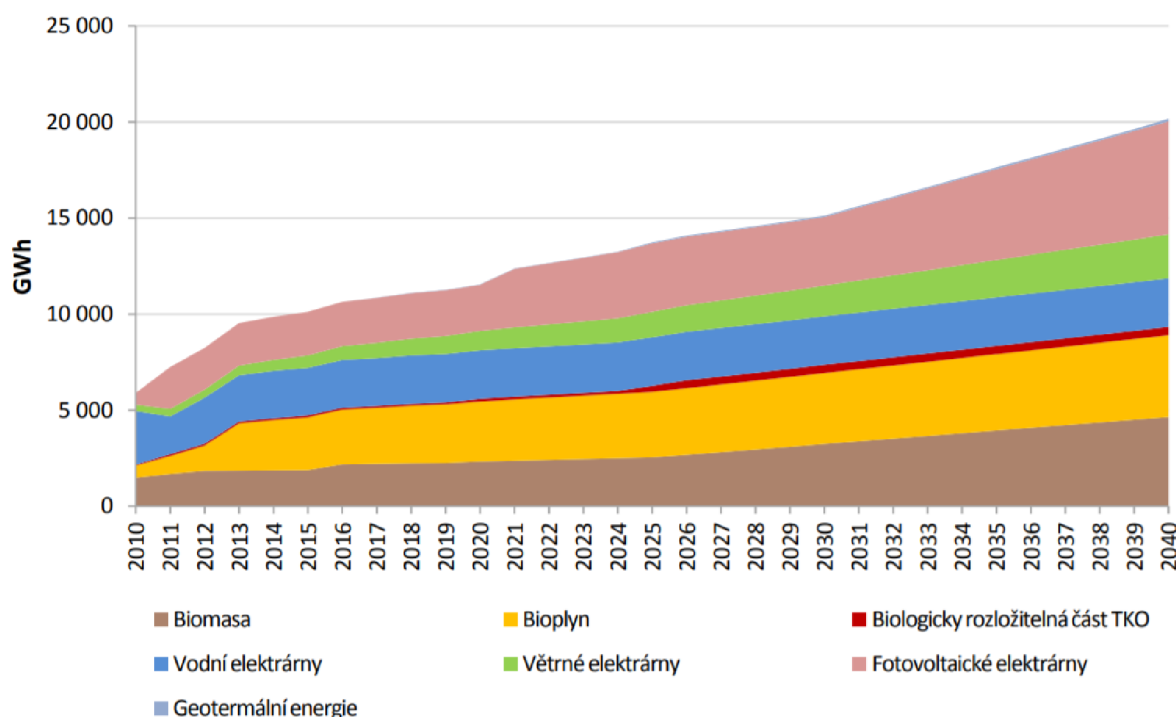
Obr. 2.6 Energetický mix ČR v roce 2040 podle SEK [44].

Jak je vidět na obrázku 2.7, tak se v budoucích letech předpokládá trvalý růst výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie. V roce 2040 by hrubá výroba elektřiny z OZE dle SEK měla dosáhnout hodnoty lehce přes 20 TWh, což znamená, že podíl OZE na celkové hrubé výrobě elektřiny by činil necelých 23 % viz obrázek 2.6. Podíl na tuzemské hrubé spotřebě by pak byl o procento vyšší, tedy skoro dvojnásobný oproti současnému stavu [5]. U vodních elektráren se nepředpokládá větší změna roční výroby oproti současnému stavu, a to z důvodu téměř využitého potenciálu toků na území ČR. Počítá se pouze s výstavbou malých vodních elektráren

o celkovém výkonu 60 MW [44]. Docházet by mělo také k růstu výroby elektřiny z biomasy, a to až do vyčerpání tuzemského potenciálu. Výroba elektrické energie z biomasy by v roce 2040 měla dosáhnout 4,6 TWh, to je ve srovnání se současností zhruba dvojnásobek [5]. Využití biomasy se předpokládá především v malých decentralizovaných zdrojích na bázi kogenerace, jako další využití se předpokládá spalování spolu s jinými palivy v některých velkých zdrojích. SEK rovněž očekává další rozvoj bioplynových stanic. Nárůst výroby elektřiny z bioplynu již nebude tak výrazný jako byl po roce 2010, očekává se nárůst instalovaného výkonu o 250 MW a v roce 2040 by se mohlo z bioplynu vyrobit přibližně 4,2 TWh [44].

Výrazný vývoj by měly zaznamenat fotovoltaické elektrárny, u kterých SEK předpokládá růst roční výroby až na necelých 5,9 TWh. Podíl FVE na celkové výrobě elektrické energie by tak byl ze všech OZE největší a rovnal by se 6,6 %. Předpokládá se, že nové instalace budou vznikat převážně na střechách budov a tzv. brownfieldech, takže už nebude docházet k zabírání další orné půdy. U střešních instalací se předpokládá využití většiny dostupné plochy střech na rodinných domcích (> 50 %) i průmyslových objektech (> 70 %) [5]. Mezi lety 2025 a 2030 dojde k vypršení životnosti většiny fotovoltaických panelů, které byly nainstalovány v letech 2009–2013 a dá se očekávat, že velká část bude nahrazena novými panely. Zároveň je předpoklad, že bude docházet k poklesu ceny FVE a ty se tak stanou ekonomicky soběstačnými bez nutnosti dalších dotací [44]. Maximální možný potenciál FVE umístěných na střechách budov se pokusila odhadnout studie společnosti ENACO. Celkový potenciál rodinných a bytových domů byl odhadnut na 4521 MW, pro ostatní budovy odhad činí 7295 MW, celkový potenciál všech budov je tedy 11816 MW. Pro analýzu byl použit panel s jmenovitým výkonem 250 W o rozměrech 1,65×0,992 m. Po uvážení minimálního využití střech, tak jak předpokládá SEK, tedy 50% využití pro rodinné domy a 70% využití u průmyslových objektů, se odhaduje potenciál rodinných a bytových domů na 2261 MW a ostatních budov na 5107 MW, což dělá celkem 7367 MW. Avšak tato studie zohledňuje pouze technický potenciál a neuvažuje, zda je pro budoucího provozovatele instalace střešní FVE ekonomicky rentabilní. Zároveň se jedná o odhad založený na ploše budov a dá se očekávat, že reálný potenciál bude nižší [45].

Vývoj a struktura hrubé výroby elektřiny z OZE



Obr. 2.7 Vývoj a struktura hrubé výroby elektřiny z OZE podle SEK [5].

Růst se předpokládá i u větrných elektráren. SEK předpokládá, že v roce 2040 by instalovaný výkon větrných elektráren mohl dosáhnout zhruba 1300 MW [44]. Roční výroba větrných elektráren by se měla zvýšit na necelých 2,3 TWh, což je více než trojnásobek oproti současné výrobě. Podíl větrných elektráren na celkové roční výrobě by se tak zvedl na zhruba 2,5 % [5]. Potenciálem větrných elektráren v ČR se zabývá studie Ústavu fyziky atmosféry AV ČR, v.v.i., která byla v roce 2020 aktualizována. V rámci aktualizace byly vypracovány dva scénáře konzervativní a optimistický. Pro každý scénář byly použity větrné elektrárny s jinými parametry. Optimistický scénář předpokládá, že v dané lokalitě bude použita větrná elektrárna, která bude nejvýhodnější z technického a ekonomického pohledu. U konzervativního scénáře se předpokládá využití menších větrných elektráren, a to kvůli omezením vyplývajících z povolovacího procesu. Konzervativní scénář předpokládá, že v roce 2040 by na území ČR mohlo být vybudováno 798 větrných elektráren o celkovém instalovaném výkonu 2525 MW, které by ročně vyrobily přibližně 6,2 TWh. U optimistického scénáře se počítá s celkovým počtem 1392 větrných elektráren o instalovaném výkonu 7044 MW a roční výrobou 18,8 TWh. Nárůst instalovaného výkonu a roční výroby u optimistického scénáře je dán předpokládanou silnou politickou a společenskou podporou a současně použitím větších větrných elektráren, které využívají vyšší rychlost větru ve větších výškách a zároveň zvětšují rozsah ekonomicky rentabilních lokalit [46]. Pokud budeme uvažovat celkovou roční výrobu elektřiny v roce 2040 podle SEK, tak při realizaci konzervativní scénáře by větrné elektrárny vyrobily přibližně 7 % elektrické energie a v případě realizace optimistického scénáře by podíl činil zhruba 21 % [5].

2.3.1 Shrnutí budoucího vývoje energetického mixu

Podle mého názoru je správné, že by se hlavním zdrojem České republiky mělo stát jádro. V současné době jsou jaderné elektrárny jediný nízkoemisní zdroj, který slouží k pokrytí základního zatížení. Zároveň má Česko dlouholeté zkušenosti s využitím jádra a pokud chceme významně snížit emise CO₂, tak je jasné, že v našich klimatických podmínkách to bez jádra nepůjde. Česká republika by nyní měla vložit maximální úsilí do výstavby nových bloků Jaderné elektrárny Dukovany, které by nahradily ty staré. Je škoda, že byl v roce 2014 zrušen tendr na dostavbu Temelína, v dnešní době mohly být bloky ve fázi pokročilé výstavby a s jejich spuštěním mohlo dojít na odstavení některých uhelných elektráren, což by vedlo ke snížení emisí. Nicméně nevýhodou jaderných elektráren je vysoká počáteční investice a dlouhá výstavba a obzvlášť u nových jaderných bloků stavěných v Evropě došlo navíc ke zpoždění výstavby a zvýšení stavebních nákladů. Vzhledem k těmto faktorům se obávám, že bude úspěch, pokud se stihne postavit alespoň 5. blok v Dukovanech předtím, než dojde k odstavení starých bloků. V Česku by se v budoucnu rovněž mohly uplatnit malé modulární reaktory, ale v současné době je tato technologie ve vývoji a není jasné, kdy budou malé reaktory připraveny pro komerční využití. Konec využívání uhlí v roce 2038 považuji za dobrý kompromis, který zajistí dostatek času nutného k transformaci české energetiky. Je však možné, že se uhlí přestane využívat dříve než v roce 2038, a to z důvodu rostoucích cen emisních povolenek, které mohou zapříčinit, že provoz uhelných elektráren bude neekonomický. Osobně bych příliš nezvyšoval podíl elektráren spalujících zemní plyn, protože by to zvýšilo závislost Česka na dovozu zemního plynu. Zároveň je zde riziko, že vzroste cena zemního plynu a emisních povolenek, což by mělo za následek nehospodárnost elektráren spalujících zemní plyn. Také se v budoucnu může stát, že budou elektrárny na zemní plyn omezovány za účelem snížení emisí CO₂, jakožto zdroj spalující fosilní palivo.

Ve srovnání s okolními státy sice nemá Česká republika tak vhodné klimatické podmínky pro využívání OZE k výrobě elektřiny, ale přesto bychom se měli snažit využít co možná nejvíc potenciál těchto zdrojů. Především by se měly rozvíjet fotovoltaické a větrné elektrárny, které mají u nás největší potenciál. U větrných elektráren se ale může stát, že jejich potenciál nebude

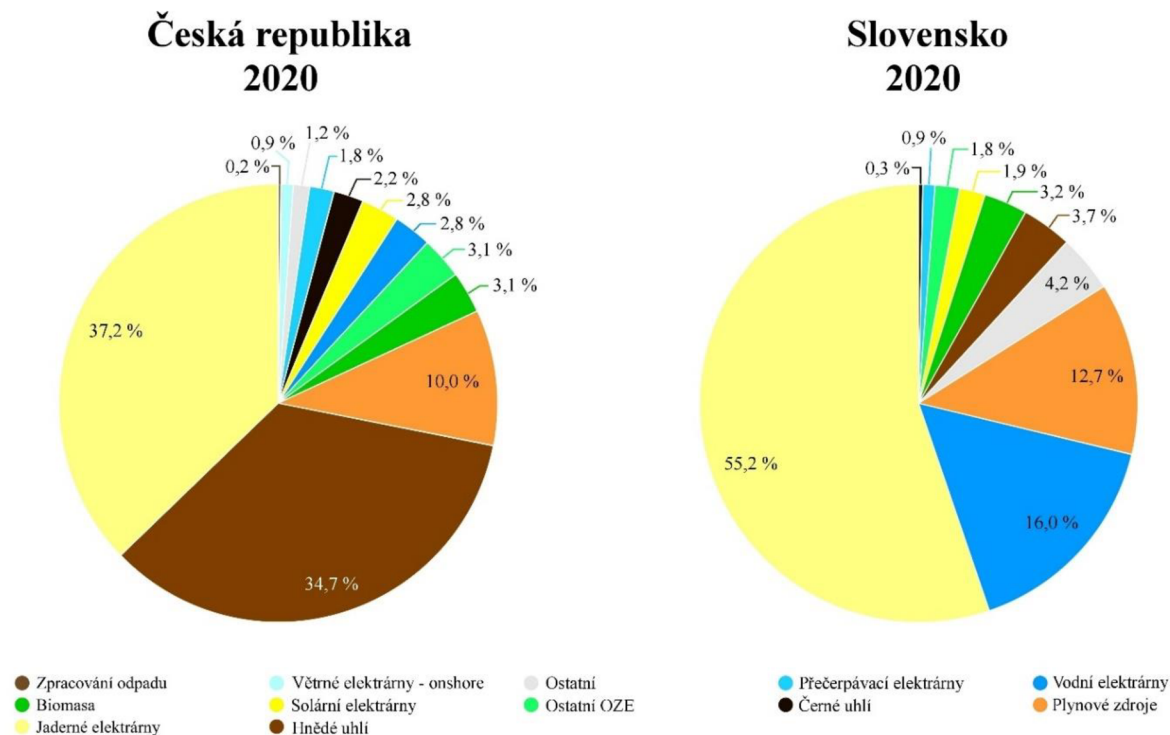
využit naplno, protože v některých lokalitách se stavba větrných elektráren může setkat s odporem místních samospráv a obyvatel. Souhlasím s tím, že by se v budoucnu měly FVE stavět pouze na střechách budov a brownfieldech. Fotovoltaiku bych na ornou půdu umísťoval pouze ve formě tzv. agrofotovoltaiky, tedy že půda, na které stojí elektrárna, je současně využívána k zemědělským účelům. Další místa, kde by se dala fotovoltaika smysluplně využít, jsou bývalé povrchové doly, rovněž by stálo za úvahu použití plovoucích FVE na hladině zatopených dolů. Z některých zatopených dolů by zároveň mohla vzniknout přečerpávací elektrárna, je však otázkou, zdali by tento projekt byl ekonomicky rentabilní. Spolu s růstem OZE by se měly rozvíjet i zařízení na akumulaci energie, např. bateriová uložení nebo akumulace do vodíku. Také se domnívám, že by se měla provést aktualizace Státní energetické koncepce, ve které by byly zpracovány vyšší cíle EU pro snížení emisí a rychlejší konec výroby elektřiny z uhlí v ČR. Z pohledu celkové výroby si myslím, že by se měl snížit vývoz elektřiny, ale Česká republika by měla i nadále zůstat energeticky soběstačná.

3 Porovnání energetického mixu ČR s ostatními státy

Energetický mix každého státu je ovlivňován mnoha faktory a jedním z nich je i geografická poloha. Z tohoto důvodu byly pro porovnání s českým energetickým mixem zvoleny především sousední státy ČR, protože se dá očekávat, že podobná poloha státu nezpůsobí výrazné rozdíly mezi energetickými mixy. Na energetický mix ovšem nemá vliv pouze geografická poloha, ale také klimatické podmínky, historie a politika státu, ekonomické možnosti státu a další faktory. To má za následek, že i energetické mixy sousedních zemí se mohou v mnohém lišit, a právě tyto rozdíly mezi jednotlivými mixy jsou popsány v této kapitole.

3.1 Slovensko

Na obrázku 3.1 je vidět, že ačkoliv v letech 1918–1992 tvořily Česká republika a Slovensko jeden stát, jejich energetické mixy jsou značně rozdílné. Zatímco v České republice mají na celkové výrobě přibližně stejný podíl jaderné a hnědouhelné elektrárny, na Slovensku vyrábí většinu elektrické energie jaderné elektrárny [28]. V současnosti jsou na Slovensku v provozu 4 jaderné bloky [47] a v roce 2020 vyrobily zhruba 55 % elektřiny [28]. Dva bloky se nachází v Jaderné elektrárně Jaslovské Bohunice, výkon každého bloku byl po modernizaci zvýšen na 505 MW a jejich provoz je plánován až do roku 2045 [48]. Druhou slovenskou jadernou elektrárnou je Jaderná elektrárna Mochovce, kde jsou v provozu rovněž dva bloky. V roce 2020 byla dokončena modernizace druhého bloku a jeho výkon vzrostl na 505 MW. Na jaro 2021 je naplánované dokončení modernizace prvního bloku, díky které vzroste výkon bloku rovněž na 505 MW [49]. Slovensko nemá na svém území takové zásoby uhlí jako Česká republika, a proto je podíl uhelných elektráren na celkové výrobě oproti České republice mnohem menší. Jejich podíl v roce 2020 dosáhl 4 %, na rozdíl od Česka, kde uhelné elektrárny vyrobily zhruba 37 % elektrické energie [28]. Instalovaný výkon všech uhelných elektráren byl v roce 2019 541 MW, což je 7 % celkového instalovaného výkonu na Slovensku [50]. Většina elektřiny z uhlí se vyrábí v elektrárnách Nováky a Vojany. V elektrárně Nováky se spaluje hnědé uhlí společně s biomasou a její instalovaný výkon je 266 MW [51]. Elektrárna Vojany má instalovaný výkon 220 MW od roku 2009 spaluje spolu s černým uhlí i biomasu [52].



Obr. 3.1 Porovnání energetických mixů ČR a Slovenska [28].

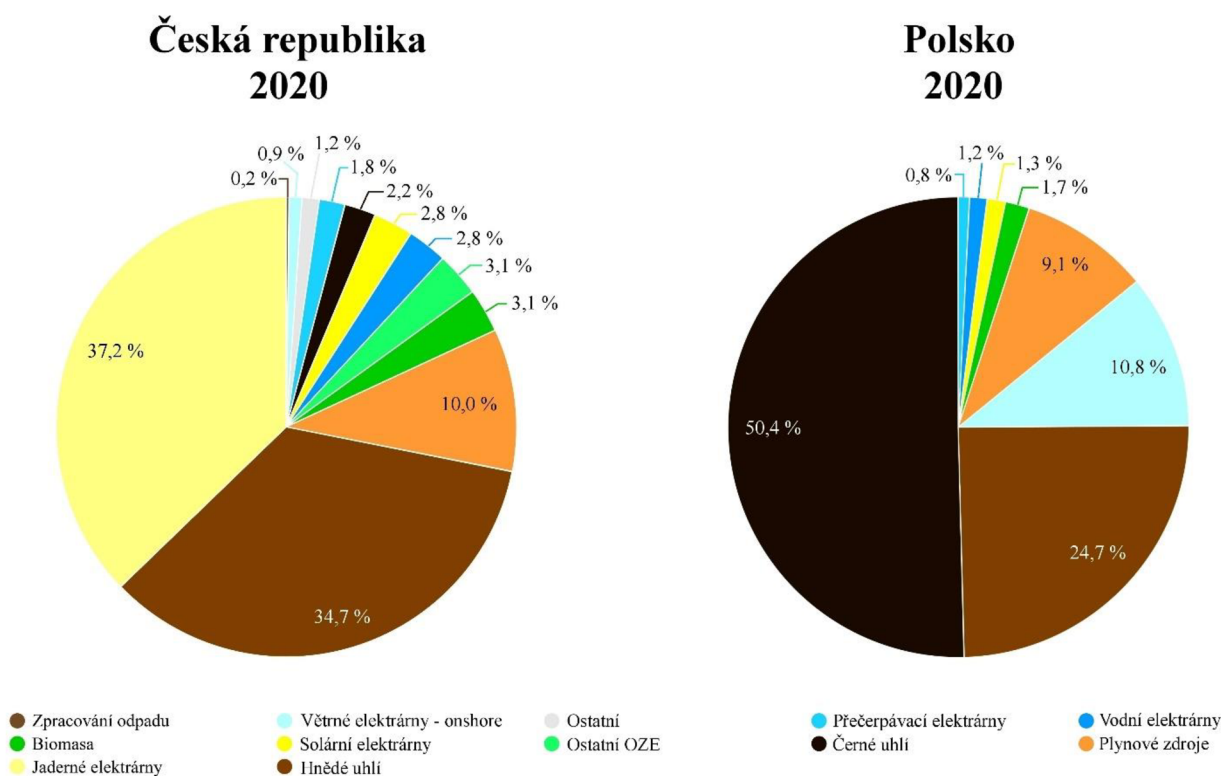
Zdrojem, který má na Slovensku největší podíl na celkovém instalovaném výkonu, jsou vodní zdroje. Ve srovnání s Českem má Slovensko větší hydroenergetický potenciál, především díky řekám Dunaj a Váh. V roce 2019 se instalovaný výkon vodních a přečerpávacích elektráren rovnal 2543 MW a jejich podíl na celkovém instalovaném výkonu činil 33 % [50]. Vzhledem ke svému vysokému podílu na instalovaném výkonu mají vodní elektrárny významný podíl i na roční výrobě elektřiny. Během roku 2020 vyrobily slovenské vodní elektrárny 16 % elektrické energie, což je mnohem větší podíl než v Česku, kde vodní elektrárny vyrobily necelá 3 %. Přečerpávací elektrárny se naopak více podílely na roční výrobě v Česku (1,8 %), zatímco na Slovensku měly podíl 0,9 % [28]. Nejvýkonnější vodní elektrárnou na Dunaji je VE Gabčíkovo, která se skládá z osmi generátorů o výkonu 90 MW. Celkový instalovaný výkon je tedy 720 MW a za rok elektrárna vyrobí v průměru 2,2 TWh [53]. Důležitým prvkem je i soustava přehrad na řece Váh, které se označují jako Vážská kaskáda. Celkový výkon všech elektráren Vážské kaskády je 1515 MW [54] a součástí kaskády je i nejvýkonnější slovenská přečerpávací elektrárna Čierny Váh o instalovaném výkonu 735,16 MW [55].

V současné době Slovensko, na rozdíl od České republiky, v podstatě nevyužívá k výrobě elektřiny větrné elektrárny, jejich celkový instalovaný výkon byl v roce 2019 pouze 3 MW [50]. Důvod tak nízkého výkonu je ten, že Slovenská elektrizační a přenosová soustava (SEPS) zařadila větrné a fotovoltaické elektrárny mezi nepředvídatelné obnovitelné zdroje energie a tím se zastavila výstavba nových velkých zdrojů. SEPS se obává, že nekontrolovaná výstavba větrných a fotovoltaických elektráren by mohla ohrozit provozní bezpečnost a spolehlivost přenosové soustavy. Výstavba nových větrných a velkých fotovoltaických elektráren je tak podmíněna dokončením dvou nových elektrických vedení mezi Slovenskem a Maďarskem [56]. Minimální rozdíly v podílu na roční výrobě mezi Českem a Slovenskem lze pozorovat u plynových zdrojů, biomasy, ostatních OZE a fotovoltaických elektráren viz obrázek 3.1 [28].

Ohledně budoucího vývoje slovenského energetického mixu lze předpokládat, že podíl jaderných elektráren v energetickém mixu bude větší než v současnosti. Od roku 2008 probíhá dostavba třetího a čtvrtého bloku Jaderné elektrárny Mochovce. Původní plán počítal s tím, že bloky budou uvedeny do provozu v roce 2012 a 2013 [57], avšak stavba se zpozdila a v současné době se předpokládá, že třetí blok bude spuštěn v roce 2021 a čtvrtý blok bude následovat v roce 2023 [49]. Každý blok bude mít instalovaný výkon 471 MW a počítá se s tím, že nové bloky nahradí výpadek ve výrobě vzniklý odstavením hnědouhelné elektrárny Nováky. Díky novým blokům se Slovensko stane energeticky soběstačným v dodávkách elektrické energie a místo importu bude elektřinu exportovat [58]. Zároveň se počítá s výstavbou nového jaderného zdroje v lokalitě Jaslovské Bohunice jako náhrada za dva bloky, které jsou v současné době v provozu. Stavba nezačne dříve než v roce 2035 a z procesu posuzování vlivu na životní prostředí vyplynulo, že by měl být postaven jeden blok o instalovaném výkonu do 1700 MW [59]. Rovněž by Slovensko mohlo v budoucnu zvýšit podíl vodních elektráren, protože svůj hydroenergetický podíl využívá ze 71 %. Existuje tedy prostor pro vybudování nových vodních zdrojů o instalovaném výkonu 241 MW a roční výrobou 1,9 TWh. Vzhledem k vysokým investičním nákladům, náročnému posuzování EIA a nepodpoře ze strany obyvatelstva se nepředpokládá výstavba nových vodních zdrojů ve významném objemu [60]. Po dokončení dvou elektrických vedení mezi Slovenskem a Maďarskem lze očekávat, že dojde k výstavbě nových větrných a fotovoltaických elektráren. Ve srovnání s Českem má Slovensko menší potenciál pro využití větrné energie, v roce 2003 byl stanoven na 605 GWh za rok. V té době se však počítalo s využitím větrných turbín o výkonu 0,5–1 MW. Větrné turbíny ale prošly technickým pokrokem, který vedl ke zvýšení instalovaného výkonu, a tak se dá předpokládat, že došlo i ke zvýšení technického potenciálu možná na více než dvojnásobek [61].

3.2 Polsko

Už na první pohled je patrné, že energetický mix Polska je hodně odlišný od českého energetického mixu viz obrázek 3.2. Zhruba tři čtvrtiny elektřiny vyrobené v Polsku v roce 2020 připadá na uhelné elektrárny, konkrétně 50,4 % na černouhelné a 24,7 % na hnědouhelné [28]. Ve srovnání s Českou republikou jsou mnohem více využívány elektrárny na černé uhlí, a to díky větším zásobám černého uhlí na území Polska. Nejvýkonnější polskou elektrárnou je hnědouhelná elektrárna Bełchatów, která má instalovaný výkon 5102 MW a ročně vyrobí 27–28 TWh elektřiny, což je zhruba pětina elektrické energie vyprodukované v Polsku. Zároveň jde o nejvýkonnější uhelnou elektrárnu v Evropě [62]. Dalším zdrojem, který má oproti Česku mnohem větší podíl na výrobě elektřiny, jsou větrné elektrárny. Ačkoliv má Polsko přístup k moři, tak zatím používá větrné elektrárny pouze v onshore aplikaci [28]. Na konci roku 2019 se instalovaný výkon větrných elektráren v Polsku rovnal 5,9 GW [63] a v roce 2020 vyrobily větrné elektrárny necelých 11 % elektřiny v Polsku. V posledních letech v Polsku výrazně roste instalovaný výkon fotovoltaických elektráren. Od roku 2015 do konce července roku 2020 vzrostl instalovaný výkon o 1600 % a činil 2 261,3 MW, čímž Polsko v instalovaném výkonu překonalo Českou republiku [64]. Nárůst pokračoval i po zbytek roku a 1. ledna 2021 se instalovaný výkon FVE rovnal 3 935,7 MW, což znamená, že za celý rok 2020 bylo v Polsku nainstalováno 2636,1 MW fotovoltaiky [65]. I přes masivní nárůst výkonu není podíl fotovoltaických elektráren na celkové výrobě zatím moc velký a v roce 2020 se rovnal 1,3 %. U ostatních zdrojů, které se v Polsku využívají na výrobu elektrické energie, je podíl na výrobě ve srovnání s Českem o několik desetin procenta menší [28].



Obr. 3.2 Porovnání energetických mixů ČR a Polska [28].

V příštích letech lze očekávat, že dojde k výrazné proměně energetického mixu Polska. Především bude docházet k postupnému poklesu výroby elektrické energie z uhlí. Předpokládá se, že podíl uhelných elektráren se v roce 2030 sníží na 37–56 % a v roce 2040 by měl podíl činit 11–28 % [66]. Polsko plánuje těžit a využívat uhlí pro výrobu elektrické energie až do roku 2049 [67]. Novým zdrojem, který obohatí energetický mix Polska, by se měly stát jaderné

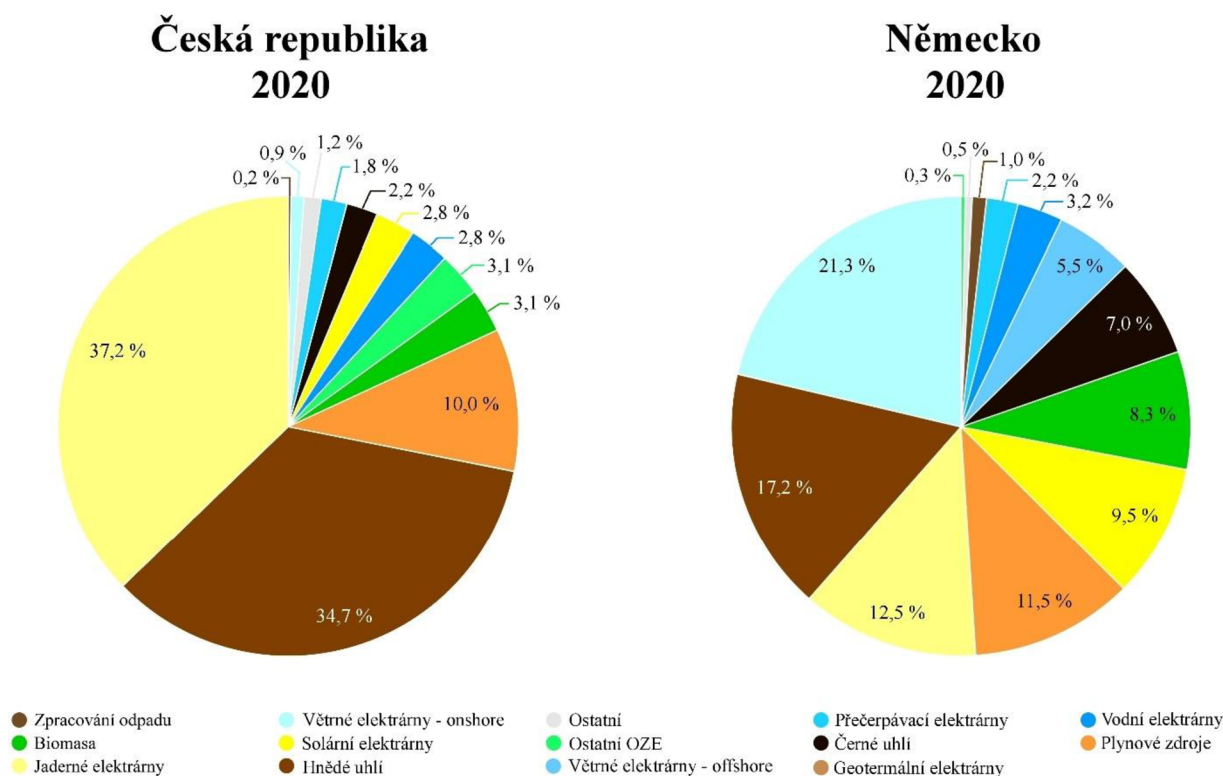
elektrárny. Spuštění prvního bloku je naplánováno na rok 2033 a výstavba dalších bloků by měla pokračovat až do roku 2043, kdy by měl instalovaný výkon jaderných elektráren dosáhnout hodnoty 6–9 GW. V roce 2020 Polsko podepsalo se Spojenými státy americkými dohodu na odběr jaderné technologie a souvisejících služeb za 415 miliard Kč [68]. Dalším zdrojem, který nahradí odstavované uhelné elektrárny a u kterého bude růst podíl na výrobě, jsou obnovitelné zdroje energie, především pak větrné a fotovoltaické elektrárny. Cílem je, aby OZE v roce 2030 pokryly aspoň 32 % netto spotřeby elektřiny v Polsku. U větrných elektráren se plánuje výstavba hlavně offshore větrných farem. Předpokládá se, že v roce 2030 by instalovaný výkon offshore větrných elektráren měl dosáhnout přibližně 5,9 GW a v roce 2040 by to mělo být až 11 GW [69]. Stavbu zajistí polské státní energetické firmy, většinou ve spolupráci se zahraničními společnostmi, a zprovoznění první offshore větrné elektrárny je plánováno v roce 2025 [70]. Významný růst by měly zaznamenat i fotovoltaické elektrárny, u kterých se v roce 2030 očekává instalovaný výkon 5–7 GW a v roce 2040 by se instalovaný výkon měl dostat až na hodnotu 10–16 GW [69].

3.3 Německo

Energetický mix Německa je velmi rozmanitý viz obrázek 3.3. Oproti České republice, kde většinu elektrické energie vyrobí jaderné a hnědouhelné elektrárny, neobsahuje německý energetický mix jednoznačně dominantní zdroj. Největší podíl na výrobě měly v roce 2020 onshore větrné elektrárny, které vyrobily zhruba 21 % elektřiny. Součástí německého energetického mixu jsou i offshore větrné elektrárny, které se na výrobě elektrické energie podílely 5,5 %. Ve srovnání s Českem má Německo mnohem lepší klimatické podmínky pro využívání větrných elektráren, a proto je množství větrných elektráren v Německu mnohem větší [28]. Celkový instalovaný výkon větrných elektráren se v roce 2020 rovnal 62,2 GW, přičemž na onshore připadá 54,5 GW a na offshore 7,7 GW [71]. Druhý nejvyšší podíl na roční výrobě elektřiny mají hnědouhelné elektrárny, konkrétně 17,2 %, což je méně než podíl hnědouhelných elektráren v ČR. Naopak černouhelné elektrárny mají v Německu ve srovnání s Českem větší podíl na výrobě, v roce 2020 činil 7 %. V posledních letech však dochází k poklesu výroby elektrické energie z uhlí, ještě v roce 2018 byl podíl hnědouhelných elektráren na roční výrobě 24 % a černouhelných 13,5 %. Pokles výroby z uhlí byl nahrazen vyšší výrobou elektřiny z plynu a obnovitelných zdrojů [28]. Německo k výrobě elektrické energie používá i jaderné elektrárny. Jejich celkový instalovaný výkon je 8,1 GW [71] a v roce 2020 vyrobily 12,5 % elektřiny, což je menší podíl, než mají jaderné elektrárny v Česku. V Německu je oproti České republice v mnohem větší míře k výrobě elektrické energie využívána biomasa a fotovoltaické elektrárny. Zatímco v Česku byl v roce 2020 podíl biomasy na roční výrobě elektřiny zhruba 3 % a podíl fotovoltaických elektráren necelá 3 %, tak v Německu v roce 2020 činil podíl biomasy přibližně 8 % a u fotovoltaických elektráren se podíl rovnal 9,5 % [28]. Instalovaný výkon německých fotovoltaických elektráren je srovnatelný s instalovaným výkonem onshore větrných elektráren a na konci roku 2020 se rovnal 53,1 GW [71]. Plynové zdroje, vodní a přečerpávací elektrárny mají v Německu podobný podíl na výrobě jako v Česku [28].

Budoucí vývoj energetického mixu Německa bude ve znamení nárůstu výroby z obnovitelných zdrojů energie a poklesu výroby z neobnovitelných zdrojů energie, tato proměna energetického mixu je v Německu nazývána *Energiewende* [72]. Podobný vývoj se předpokládá i u Česka, Slovenska a Polska, ale na rozdíl od dříve popsaných zemí neplánuje Německo v budoucnu k výrobě elektřiny používat jaderné elektrárny. K ukončení provozu německých jaderných elektráren by mělo dojít do konce roku 2022. Tento rok byl plánovaný již na začátku tisíciletí, poté se sice rozhodlo o prodloužení životnosti jaderných bloků, ale kvůli havárii v jaderné elektrárně Fukušima se Německo vrátilo k původnímu plánu [73]. V zájmu snížení emisí skleníkových plynů a splnění cílů Evropské unie dojde v Německu, stejně jako ve většině ostat-

ních členských zemích, k ukončení výroby elektrické energie z uhlí. V roce 2020 schválili poslanci Spolkového sněmu zákon, který stanovuje harmonogram postupného útlumu výroby elektřiny z uhlí do roku 2038. Zároveň se předpokládá, že německá vláda v letech 2026, 2029 a 2032 přehodnotí dopady ústupu od uhlí a prověří možnost ukončení výroby elektrické energie z uhlí již v roce 2035 [74]. Odstavené elektrárny by měly být nahrazeny především výrobou z obnovitelných zdrojů. Německo si stanovilo cíl, že v roce 2030 dosáhne podíl OZE na hrubé konečné spotřebě 65 %. Nárůst instalovaného výkonu se bude týkat hlavně fotovoltaických a větrných elektráren. V rámci novely zákona o OZE, která byla odsouhlasena v roce 2020, navrhuje německé ministerstvo energetiky do roku 2030 zvýšit instalovaný výkon fotovoltaických elektráren na 100 GW, což je skoro dvojnásobek současného instalovaného výkonu. U onshore větrných elektráren se plánuje nárůst na 71 GW a u offshore větrných elektráren na 20 GW. Mírný nárůst se navrhuje i u biomasy, kde by se instalovaný výkon měl do roku 2030 zvýšit ze současných 8,2 GW na 8,4 GW [75]. Je však otázkou, zda se podaří naplnit cíl u větrných elektráren, protože v posledních letech došlo ke zpomalení nárůstu instalovaného výkonu. V letech 2013–2017 se nárůst instalovaného výkon za rok pohyboval v rozmezí 3–5 GW, ale posledních pár let dochází ke zprovoznění zhruba 1 GW větrných elektráren za rok. Pro nové projekty je obtížné získat stavební povolení, protože stavba nových zdrojů vadí obyvatelům a místním samosprávám, a proto je pro investory čím dál obtížnější najít lokalitu s příhodnými povětrnostními podmínkami a pozitivním přístupem obyvatelstva [76].

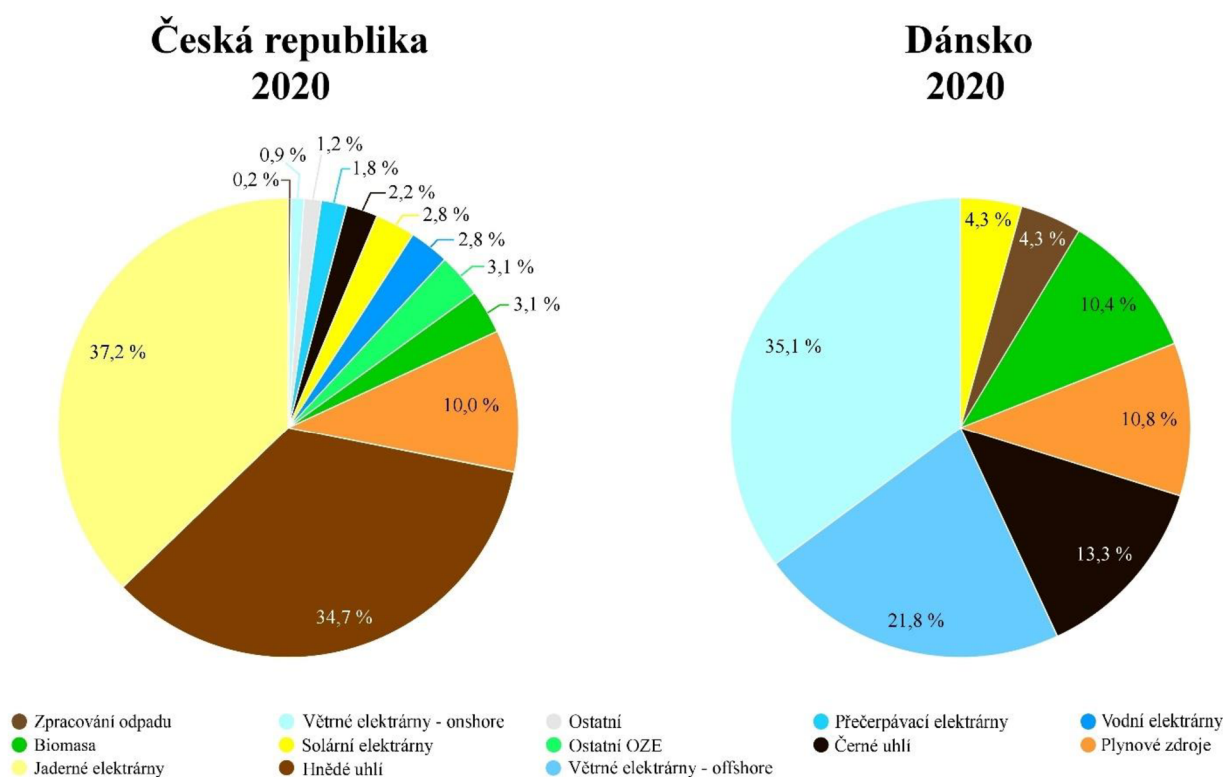


Obr. 3.3 Porovnání energetických mixů ČR a Německa [28].

3.4 Dánsko

Z obrázku 3.4 je patrné, že dánský energetický mix je ve srovnání s českým více prostý a skládá se z menšího počtu zdrojů. Díky své geografické poloze má Dánsko mnohem lepší podmínky pro využívání větrných elektráren, a právě větrné elektrárny jsou hlavním zdrojem, který v Dánsku vyrábí elektřinu. Větší podíl na roční výrobě mají onshore větrné elektrárny, u kterých se v roce 2020 podíl rovnal přibližně 35 %, což je mnohem větší podíl, než mají větrné elektrárny

v Česku. K výrobě elektrické energie se v Dánsku používají i offshore větrné elektrárny, které se na výrobě podílely z 21,8 % a celkový podíl větrných elektráren v roce 2020 tedy činil necelých 57 %. Součástí dánského energetického mixu jsou i uhelné elektrárny, ale na rozdíl od Česka se v Dánsku spaluje pouze černé uhlí. V porovnání s Českem je ovšem podíl černouhelných elektráren větší a v roce 2020 dosahoval 13,3 %. V posledních letech však dochází k poklesu podílu černouhelných elektráren, ještě v roce 2016 byly černouhelné elektrárny s necelými 34 % zdrojem, který měl největší podíl na roční výrobě [28]. Oproti Česku má v Dánsku mnohem větší podíl biomasa, protože elektrárny spalující uhlí byly transformovány na spalování biomasy [77] a mezi lety 2016–2020 se podíl biomasy zvýšil z 1,6 % na 10,4 %. Dánsko ve významném množství využívá k výrobě elektřiny i odpady, jejich podíl na výrobě se v roce 2020 rovnal 4,3 %. V Česku je podíl odpadů téměř zanedbatelný, v roce 2020 činil pouze 0,2 %. Rovněž fotovoltaické elektrárny mají ve srovnání s Českem větší podíl na roční výrobě, konkrétně 4,3 %, což je o 1,5 % více. Naopak plynové zdroje mají v Dánsku srovnatelný podíl s Českem [28].



Obr. 3.4 Porovnání energetických mixů ČR a Dánska [28].

Dá se předpokládat, že budoucí vývoj energetického mixu Dánska bude podobný jako u jiných zemí EU. Mělo by docházet k postupnému snižování podílu uhlí na výrobě elektřiny a následovat bude úplné ukončení energetického využívání uhlí. Odklon od uhlí má Dánsko naplánovaný do roku 2030 [35], ale například největší dánská energetická společnost DONG Energy se zavázala, že přestane ve svých elektrárnách využívat uhlí již do roku 2023. Společnost však neplánuje ukončení provozu uhelných elektráren, ale jejich transformaci na spalování dřevní štěpky [77]. Jelikož má Dánsko cíl v roce 2030 pokrývat 50 % celkové spotřeby energie pomocí obnovitelných zdrojů energie a v roce 2050 být uhlíkově neutrální, tak se dá očekávat, že v příštích letech dojde k výstavbě velkého množství elektráren využívající obnovitelné zdroje. Mezi lety 2024–2027 plánuje Dánsko stavbu offshore větrné farmy o instalovaném výkonu zhruba 800 MW a počítá se s tím, že díky klesajícím cenám větrných technologií vznikne tato větrná farma bez dotací [78]. Plány Dánska jsou ovšem mnohem ambicióznější. Ke splnění

dánských cílů má sloužit uměle vybudovaný energetický ostrov v Severním moři, který bude obklopen větrnými elektrárnami. První fáze počítá s instalovaným výkonem 3 GW, později by ale mělo dojít k rozšíření až na 10 GW. Vyrobená elektřina z větrných elektráren se bude shromažďovat na umělém ostrově, odkud se bude rozesílat do elektrické sítě na pevnině. Zároveň se na ostrově plánuje výstavba továrny na zelený vodík, který se bude do Evropy transportovat podmořským potrubím. Ke spuštění první fáze projektu by mělo dojít v roce 2033. Další energetická centrála pro produkci větrné energie by měla vzniknout na ostrově Bornholm v Baltském moři a u tohoto projektu se předpokládá instalovaný výkon 2 GW [79].

3.5 Shrnutí energetických mixů vybraných zemí

Obecně se dá říct, že v evropských zemích bude docházet k nárůstu výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů a k postupnému poklesu výroby elektřiny z uhlí následované úplným ukončením energetického využívání uhlí. To bude mít za následek, že některé země budou muset výrazně změnit svůj energetický mix. Uhlí bude nejčastěji nahrazeno právě obnovitelnými zdroji, případně plynovými zdroji nebo jadernými elektrárnami.

U slovenského energetického mixu by v příštích letech nemělo docházet k výrazným změnám. O několik procent se zvýší podíl jaderných elektráren a ty se tak stanou ještě více dominantní. Vyšší výroba jaderných elektráren umožní Slovensku přestat využívat uhlí, a navíc se Slovensko stane energeticky soběstačným. Dále by Slovensko mohlo více využít potenciál především větrných elektráren, které v současné době prakticky nevyužívá, ale i fotovoltaických elektráren.

Polsko nyní vyrábí tři čtvrtiny své elektrické energie z uhlí a v budoucnu bude nutné tento podíl nahradit jinými zdroji. Z mého pohledu jsou plánované jaderné elektrárny ideálním zdrojem, který zajistí stabilní výrobu nízkoemisní elektřiny a pomůže snížit podíl uhlí v polském energetickém mixu. K nižšímu podílu uhlí by měly přispět i offshore větrné elektrárny, které by se měly stát novým zdrojem v polském energetickém mixu. V současnosti probíhá v Polsku enormní nárůst instalovaného výkonu fotovoltaických elektráren a pokud bude tento nárůst pokračovat i v dalších letech, tak se fotovoltaika může během pár let stát zdrojem, který bude mít významný podíl ve výrobě elektrické energie. Díky nárůstu fotovoltaiky a vybudování jaderných a offshore větrných elektráren by se měl energetický mix Polska stát více diverzifikovaný a už by neměl být tolik závislý na jedné surovině. Polskou energetiku čeká v budoucnu výrazná transformace a bude zajímavé sledovat, zda Polsko splní své cíle.

Německý energetický mix je v současnosti ze všech dříve popsáných mixů nejvíce diverzifikovaný. Německo tak není při výrobě elektřiny závislé na jedné surovině a pokud je potřeba nějaký zdroj trvale odstavit, tak není nutná významná transformace německé energetiky, jako bude nutná například v Polsku nebo v Česku. V budoucnu už ale nebude německý energetický mix tolik diverzifikovaný, protože dojde k odstavení uhelných a jaderných zdrojů. Odstavení německých jaderných elektráren mi přijde vcelku nerozumné, obzvláště když odstavení jaderných elektráren je v plánu o mnoho let dříve než ukončení provozu některých uhelných elektráren. Navíc tyto elektrárny budou odstaveny před koncem plánované životnosti. Jaderné elektrárny budou nahrazeny obnovitelnými a plynovými zdroji, ale je jasné, že Německo nestihne vybudovat dostatek nových zdrojů, které by plnohodnotně nahradily jaderné elektrárny, a proto se po roce 2022 stane importérem elektrické energie.

Dánský energetický mix je z velké části tvořen obnovitelnými zdroji především pak větrnými elektrárnami. V posledních letech došlo k velkému poklesu podílu uhlí, které bylo nahrazeno větrnými elektrárnami a biomasou. Oproti uhlí sice má biomasa při spalování menší emise a je to obnovitelný zdroj, ale tak velké množství biomasy nedokáže Dánsko generovat na svém území a je nutné ji dovážet z ostatních států, čímž dochází k vypouštění dalších emisí. Proto se domnívám, že by bylo vhodné nahradit část podílu biomasy nějakým jiným obnovitelným zdrojem a biomasu používat jen jako doplňkový zdroj s podílem v řádu jednotek procent.

V budoucnu plánuje Dánsko postavit obrovské offshore větrné parky v Severním a Baltském moři a pokud se Dánsku podaří tyto parky zrealizovat, tak má potenciál stát se významným exportérem elektřiny z obnovitelných zdrojů.

ZÁVĚR

Je zřejmé, že v budoucnu dojde k výrazné transformaci evropské energetiky a výsledkem této transformace by mělo být snížení emisí produkovaných při výrobě elektrické energie. Proto budou v evropských zemích postupně odstavovány uhelné elektrárny, které produkují nejvíce emisí. Uhlenné elektrárny budou nahrazeny především obnovitelnými zdroji, dále pak plynovými zdroji a v některých státech i jadernými elektrárnami.

V energetickém mixu České republiky mají uhelné elektrárny významný podíl, a tak se bude v příštích letech výrazně měnit i česká energetika. Uhlí bylo součástí české energetiky již na přelomu 19. a 20. století, kdy se začaly budovat první veřejné elektrárny. Ve stejné době se začaly stavět také vodní elektrárny a pouze tyto dva zdroje se podílely na výrobě elektřiny v Česku až do osmdesátých let 20. století, kdy se k nim přidala jaderná elektrárna. Po sametové revoluci proběhla ekologizace uhelných elektráren, díky které se významně snížily emise produkované uhelnými elektrárnami. Za účelem ekologizace tuzemské energetiky byly v devadesátých letech spuštěny i první paroplynové elektrárny. V první polovině devadesátých let došlo rovněž k vybudování několika větrných elektráren, ale poté nastal útlum výstavby z důvodu nedostatečné podpory ze strany státu a výstavba dalších větrných elektráren se rozběhla až ve 21. století. Na přelomu 20. a 21. století byla spuštěna Jaderná elektrárna Temelín, která se stala druhou českou jadernou elektrárnou. Kolem roku 2010 zaznamenaly obnovitelné zdroje markantní nárůst instalovaného výkonu, a to díky státní podpoře. V posledních letech nedochází k výrazným změnám v českém energetickém mixu, pouze mírně klesl podíl uhelných elektráren vlivem postupného odstavování uhelných zdrojů.

Budoucí vývoj energetického mixu Česka popisuje aktualizace Státní energetická koncepce, která byla schválena vládou ČR v roce 2015. SEK popisuje, jak by se měl vyvíjet český energetický mix až do roku 2040 a i když je to teprve 6 let od jejího schválení, tak by se měla provést aktualizace SEK, která by reflektovala nové cíle schválené v rámci EU. Například snížení podílu uhlí bude rychlejší a předpokládá se, že nejpozději v roce 2038 dojde k ukončení využívání uhlí. Uhlenné elektrárny by měly být nahrazeny jadernými elektrárnami a v současné době se velmi diskutuje o výstavbě nového bloku v lokalitě Dukovany. Rovněž podíl obnovitelných zdrojů by se měl výrazně zvětšit, s výjimkou vodních elektráren, u kterých se počítá pouze s malým růstem instalovaného výkonu z důvodu již téměř využitého hydroenergetického potenciálu ČR. Jedním z cílů SEK je zachování energetické soběstačnosti ČR a jestli se nepodaří vybudovat nové jaderné zdroje, tak tento výpadek bude muset být vykompenzován větším nárůstem obnovitelných zdrojů a případně i plynových zdrojů.

Součástí této práce bylo také porovnání českého energetického mixu s několika dalšími mixy a predikce jejich budoucího vývoje. Pro tento účel byly vybrány čtyři evropské státy, většinou sousedící s Českou republikou. Slovenský energetický mix se od českého liší, přestože v minulosti tvořily Česko a Slovensko jeden stát. Na Slovensku jsou dominantním zdrojem jaderné elektrárny, které vyrábí více než polovinu elektřiny. Díky většímu hydroenergetickému potenciálu jsou na Slovensku více využívány vodní elektrárny. Naopak uhelné elektrárny mají ve srovnání s Českem menší podíl v energetickém mixu. Oproti ostatním energetickým mixům, které jsou v rámci práce popsány, neprojde ten slovenský tak výraznou transformací. Malý podíl uhelných elektráren bude nahrazen dvěma novými bloky Jaderné elektrárny Mochovce. Navíc se po zprovoznění těchto bloků stane Slovensko exportérem elektřiny. Dále lze předpokládat, že po zprovoznění nových elektrických vedení mezi Slovenskem a Maďarskem bude růst instalovaný výkon fotovoltaických a větrných elektráren.

Energetický mix Polska je silně zaměřen na uhlí, a tak se bude muset v budoucnu výrazně proměnit. Polsko zatím vůbec nevyužívá větrný potenciál Baltského moře, ale to by se mělo v příštích letech změnit. Offshore větrné elektrárny by se měly stát jedním ze zdrojů, který

nahradí uhlí. Dalšími zdroji, které nahradí uhlí, by se měly stát jaderné elektrárny a také fotovoltaika, která v roce 2020 zaznamenala obrovský nárůst instalovaného výkonu.

Německý energetický mix využívá ve velké míře obnovitelné zdroje energie. Na severu Německa a v Severním a Baltském moři panují vhodné podmínky pro větrné elektrárny, a tak jsou větrné elektrárny hlavním zdrojem elektrické energie. O něco menší podíl v německém mixu mají uhelné elektrárny, u kterých dochází k postupnému odstavování a nejpozději v roce 2038 bude ukončena výroba elektřiny z uhlí. Již na konci roku 2022 budou rovněž odstaveny jaderné elektrárny a jelikož nedochází k rychlé výstavbě nových zdrojů, tak se po roce 2022 Německo stane závislé na dovozu elektrické energie. Jaderné a uhelné elektrárny budou nahrazeny obnovitelnými zdroji, především fotovoltaickými a větrnými elektrárnami, a plynovými zdroji.

Dominantním zdrojem v energetickém mixu Dánska jsou větrné elektrárny. Dánsko má díky rovinaté krajině a přístupu k Severnímu a Baltskému moři ideální podmínky pro využití větrných elektráren. V posledních letech došlo k předělání uhelných elektráren na spalování biomasy a biomasa se tak stala významným zdrojem v dánském energetickém mixu. Podíl uhlí bude i nadále klesat a do roku 2030 chce Dánsko přestat využívat uhlí k výrobě elektřiny. Dánsko v budoucnu počítá s výstavbou obřích offshore větrných parků díky kterým by se z Dánska stal významný exportér elektrické energie.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] MATEJŮ, Dalibor. Energetika – vybrané pojmy (I). *TZB-info* [online]. Praha: Topinfo, 2013 [cit. 2021-04-13]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/9668-energetika-vybrane-pojmy-i>
- [2] HOLUBEC, Jiří. Jak se míchá energie? *Byznys & Energie* [online]. České Budějovice: E.ON Energie, 2019 [cit. 2021-04-13]. Dostupné z: <https://www.byznys-energie.cz/clanek/jak-se-micha-energie>
- [3] Energetický mix. *Informační portál* [online]. 2018 [cit. 2021-04-13]. Dostupné z: <https://www.informacni-portal.cz/clanek/energeticky-mix>
- [4] HAVLÍČKOVÁ, Marcela Zdeňka. Elektroenergetika 1. Základní pojmy a definice. In: *Docplayer* [online]. 2017 [cit. 2021-04-13]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/46575284-Elektroenergetika-1-zakladni-pojmy-a-definice.html>
- [5] Státní energetická koncepce České republiky. In: *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2015 [cit. 2021-04-13]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/52841/60959/636207/priloha006.pdf>
- [6] Výkon elektráren stoupl za sto let 28krát, výroba elektřiny dokonce 80krát. Energetika však řeší podobné výzvy. *Skupina ČEZ* [online]. Skupina ČEZ, 2018 [cit. 2021-04-13]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/pro-media/tiskove-zpravy/vykon-elektraren-stoupl-za-sto-let-28krat-vyroba-elektřiny-dokonce-80krat.-energetika-vsak-resi-podobne-vyzvy-43748/index.shtml>
- [7] BOUŠKA, Jan. Historie výroby elektřiny. *SPVEZ, z.s.* [online]. Praha: Svaz podnikatelů pro využití energetických zdrojů, 2018 [cit. 2021-04-13]. Dostupné z: http://www.spvez.cz/pages/history/history_01.htm#TOP
- [8] SCHNEPP, Ota. Seriál ČEZ ke 100. výročí Československa - První republika a období socialismu: zlatá léta pro uhelnou energetiku. *Ekonomický deník* [online]. Praha: Media Network, 2018 [cit. 2021-04-13]. Dostupné z: <https://ekonomickydenik.cz/prvni-republika-obdobi-socialismu-zlata-leta-uhelnou-energetiku/>
- [9] HROZEK, Dian. Jaderná elektrárna Dukovany je v provozu od roku 1985. *OEnergetice.cz* [online]. Třebíč, 2018 [cit. 2021-04-13]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/jaderne-elektrarny/jaderna-elektrarna-dukovany>
- [10] Historie a současnost elektrárny Temelín. *Skupina ČEZ* [online]. [cit. 2021-04-13]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobní-zdroje/jaderna-energetika/jaderna-energetika-v-ceske-republice/ete/historie-a-soucasnost>
- [11] Roční zpráva o provozu ES ČR 2010. In: *ERÚ* [online]. Jihlava, 2011 [cit. 2021-04-13]. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni_zprava_provoz_ES_2010.pdf/e33fe1d5-b15c-4a0e-bcc8-08cfaf3252ae
- [12] VOBOŘIL, David. Paroplynové elektrárny v ČR. *OEnergetice.cz* [online]. Třebíč, 2015 [cit. 2021-04-13]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/paroplynove-elektrarny-v-cr>
- [13] KOČ, Břetislav. Větrné elektrárny III. – větrná energie v ČR do roku 2000. *TZB-info* [online]. Praha: Topinfo, 2016 [cit. 2021-04-13]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/13730-vetrne-elektrarny-iii-vetrna-energie-v-cr-do-roku-2000>
- [14] ŠTEKL, Josef. Velké větrné elektrárny na území ČR. *TZB-info* [online]. Praha: Topinfo, 2002 [cit. 2021-04-13]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/844-velke-vetrne-elektrarny-na-uzemi-cr>

- [15] Třetí vlna ekologizace elektráren probíhá. Do zlepšení parametrů ČEZ investuje odhadem až 10 miliard korun. *Skupina ČEZ* [online]. 2020 [cit. 2021-04-13]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/pro-media/tiskove-zpravy/treti-vlna-ekologizace-elektren-probiha.-do-zlepseni-parametru-cez-investuje-odhadem-az-10-miliard-korun-81198>
- [16] Modernizace a ekologizace uhelných zdrojů ČEZ. *Skupina ČEZ* [online]. [cit. 2021-04-13]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobni-zdroje/uhelne-elektreny-a-teplarny/strategie-a-aktivity-cez-v-oblasti-ue>
- [17] Roční zpráva o provozu ES ČR 2017. In: *ERÚ* [online]. Praha, 2018 [cit. 2021-04-13]. Dostupné z: http://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni_zprava_provoz_ES_2017.pdf/521bff99-fdcf-4c86-8922-3a346af0bb88
- [18] Paroplynový cyklus v Teplárně Trmice. *Svět Energie* [online]. [cit. 2021-04-13]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/plynove-a-paroplynove-elektreny/paroplynove-elektreny-cez/paroplynovy-cyklus-v-nbsp-teplarne-trmice>
- [19] BUFKA, Aleš, Jana VEVERKOVÁ a Miloslav MODLÍK. Obnovitelné zdroje energie v roce 2018. In: *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2019 [cit. 2021-04-13]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/2019/9/Obnovitelne-zdroje-energie-2018.pdf>
- [20] WAGNER, Vladimír. Větrné elektrárny včera, dnes a zítra (díl 2.). *OEnergetice.cz* [online]. Třebíč, 2017 [cit. 2021-04-13]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/vetrne-elektreny/vetrne-elektreny-vcera-dnes-zitra-dil-2>
- [21] Fotovoltaické elektrárny Ralsko a Mimoň. *Skupina ČEZ* [online]. [cit. 2021-04-13]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobni-zdroje/obnovitelne-zdroje/slunce/provozovane-fotovoltaicke-elektreny/fotovoltaicke-elektreny-ralsko-a-mimon-58088>
- [22] VOBOŘIL, David. Příčiny solárního boomu v České republice. *OEnergetice.cz* [online]. Třebíč, 2015 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/priciny-solarniho-boomu>
- [23] BUDÍN, Jan. Přecherpací vodní elektrárna - princip a uspořádání. *OEnergetice.cz* [online]. Třebíč, 2015 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/typy-elektren/precerpavaci-vodni-elektrena-princip-usporadani-2>
- [24] Čtvrtletní zpráva o provozu elektrizační soustavy ČR IV. čtvrtletí 2020. In: *ERÚ* [online]. Jihlava, 2021 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: http://www.eru.cz/documents/10540/6616306/Ctvrtletni_zprava_2020_IV_Q.pdf/ef32acbe-8093-4abd-a2cc-43ae3470bf96
- [25] ČTK. Elektrárna Pruněřov I. v červnu končí, komise zvažuje další útlum uhlí v ČR. *OEnergetice.cz* [online]. Třebíč, 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/uhli/elektrena-prunerov-i-v-cervnu-konci-komise-zvazuje-dalsi-utlum-uhli-v-cr>
- [26] ČTK. MfD: Elektrárna Mělník III skončí příští rok, uhlí nahradí plynem. *OEnergetice.cz* [online]. Třebíč, 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/energetika-v-cr/mfd-elektrena-melnik-iii-skonci-pristi-rok-uhli-nahradi-plynem>
- [27] ČTK. Komora: V ČR loni nebyla zprovozněna žádná větrná elektrárna, vodní pouze jedna. *OEnergetice.cz* [online]. Třebíč, 2021 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/komora-v-cr-loni-nebyla-zprovoznena-zadna-vetrna-elektrena-vodni-pouze-jedna>

- [28] Energostat - aktuální data z energetiky. *OEnergetice.cz* [online]. ENTSO-E Transparency Platform [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/energostat>
- [29] VORÍŠEK, Martin. Výroba elektřiny z uhlí v ČR klesá o téměř 10 %, u černouhelných Dětmovic o více než polovinu. *OEnergetice.cz* [online]. Třebíč, 2019 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/uhli/vyroba-elektriny-uhli-cr-klesa-temer-10-detmarovice-vyrobi-mezirocne-mene-nez-polovinu-elektriny>
- [30] ČTK. ERÚ: Pandemie výrazně ovlivnila výrobu a spotřebu elektřiny v ČR. *OEnergetice.cz* [online]. Třebíč, 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/energetika-v-cr/eru-pandemie-vyrazne-ovlivnila-vyrobu-a-spotrebu-elektriny-v-cr>
- [31] ČTK. Temelín a Dukovany vyrobily loni 30,05 TWh, méně než předloni. *OEnergetice.cz* [online]. Třebíč, 2021 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/jaderne-elektrany/temelin-a-dukovany-vyrobily-loni-3005-twh-mene-nez-predloni>
- [32] ČTK. Přecherňavací elektrárna Dlouhé stráně má letos rekordní produkci. *OEnergetice.cz* [online]. Třebíč, 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrany-cr/precerpavaci-elektrarna-dlouhe-strane-ma-letos-rekordni-produkci>
- [33] ČTK. Přecherňavací vodní elektrárna Dalešice letos dodá nejvíc elektřiny za 42 let. *OEnergetice.cz* [online]. Třebíč, 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrany-cr/precerpavaci-vodni-elektrarna-dalesice-letos-doda-nejvic-elektriny-za-42-let>
- [34] ČTK. Výroba elektřiny v ČR byla loni kvůli covidu nejnižší za 18 let. *OEnergetice.cz* [online]. Třebíč, 2021 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/vyroba-elektriny-v-cr-byla-loni-kvuli-covidu-nejnizsi-za-18-let>
- [35] ČTK. Uhelňá komise doporučila konec uhlí v ČR v roce 2038. *OEnergetice.cz* [online]. Třebíč, 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/uhli/uhelna-komise-doporucila-konec-uhli-v-cr-v-roce-2038>
- [36] ČTK. Výstavba nových jaderných bloků se řeší přes deset let. *OEnergetice.cz* [online]. Třebíč, 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/jaderne-elektrany/vystavba-novych-jadernych-bloku-se-resi-pres-deset-let>
- [37] ČTK. Model výkupu elektřiny z nového bloku Dukovan schválila vláda. *OEnergetice.cz* [online]. Třebíč, 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/jaderne-elektrany/model-vykupu-elektriny-z-noveho-bloku-dukovan-schvalila-vlada>
- [38] ČTK. Vláda schválila model financování nového jaderného bloku. *OEnergetice.cz* [online]. Třebíč, 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/jaderne-elektrany/vlada-schvalila-model-financovani-noveho-jaderneho-bloku>
- [39] BŘEŠŤAN, Robert. Horko kolem Dukovan. V plánu je utratit desítky miliard, i kdyby ČEZ nakonec nic nestavěl. *HlidacíPes.org* [online]. Praha, 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://hlidacipes.org/horko-kolem-dukovan-v-planu-je-utratit-desitky-miliard-i-kdyby-cez-nakonec-nic-destavel/>
- [40] ČTK. Drábová: Nový jaderný blok se reálně spustí nejdřív mezi 2038 až 2040. *OEnergetice.cz* [online]. Třebíč, 2019 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/jaderne-elektrany/drabova-novy-jaderny-blok-se-realne-spusti-nejdriv-mezi-2038-az-2040>

- [41] ČTK. Babiš: Dodavatele nového bloku Dukovan vybere až příští vláda. *OEnergetice.cz* [online]. Třebíč, 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/jaderne-elektrarny/babis-dodavatele-noveho-bloku-dukovan-vybere-az-pristi-vlada>
- [42] Tindr na Dukovany do konce roku nebude, máme čtyři varianty, uvedl Havlíček. *ČT24* [online]. Praha: Česká televize, 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/ekonomika/3238326-tindr-na-dukovany-do-konce-roku-nebude-mame-ctyri-varianty-uedl-havlicek>
- [43] ČTK. Udržení bloků Dukovan v provozu do roku 2047 bude stát 55 mld. Kč. *OEnergetice.cz* [online]. Třebíč, 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/jaderne-elektrarny/udrzeni-bloku-dukovan-v-provozu-do-roku-2047-bude-stat-55-mld-kc>
- [44] Doplnující analytický materiál k návrhu aktualizace Státní energetické koncepce. In: *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2015 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/52841/60959/636209/priloha004.pdf>
- [45] JAKUBES, Jaroslav a Václav JÁRKA. *Studie „Potenciál solární energetiky v České republice“* [online]. In: . Praha, 2015 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <http://files.odpady.webnode.cz/200006128-0d90a0e8a8/CZEPHO%20-%20potenci%C3%A1l%20sol%C3%A1rn%C3%AD%20energetiky%20v%20%C4%8CR%20-%20FINAL%201.1.pdf>
- [46] HANSLIAN, David. Aktualizace potenciálu větrné energie v České republice z perspektivy roku 2020. In: *ČSVE - Větrné elektrárny* [online]. Praha: Ústav fyziky atmosféry AV ČR, 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://csve.cz/pdf/cz/Potencial-vetrne-energie-2020.pdf>
- [47] Atómová (jadrová) elektrárna. *Slovenské elektrárne* [online]. Bratislava [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://www.seas.sk/atomova-jadrova-elektraren>
- [48] Atómové elektrárne Bohunice V2. *Slovenské elektrárne* [online]. Bratislava [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://www.seas.sk/ae-bohunice-v2>
- [49] Atómové elektrárne Mochovce. *Slovenské elektrárne* [online]. Bratislava [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://www.seas.sk/ae-mochovce>
- [50] Ročenka SED 2019. In: *Slovenská elektrizačná prenosová sústava, a.s.* [online]. Bratislava: Slovenská elektrizačná prenosová sústava, 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://www.sepas.sk/media/4171/rocenka-sed-2019-1.pdf>
- [51] Elektrárne Nováky. *Slovenské elektrárne* [online]. Bratislava [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://www.seas.sk/elektrarne-novaky>
- [52] Elektrárne Vojany. *Slovenské elektrárne* [online]. Bratislava [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://www.seas.sk/elektrarne-vojany>
- [53] Vodná elektrárna Gabčíkovo. *Slovenské elektrárne* [online]. Bratislava [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://www.seas.sk/ve-gabcikovo>
- [54] Energetický slovník. *Javys, a.s.* [online]. Jaslovské Bohunice: Jadrová a vyrad'ovacia spoločnosť [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://www.javys.sk/sk/informacny-servis/energeticky-slovník/V/vazska-kaskada>
- [55] Prečerpávací vodná elektrárna Čierny Váh. *Slovenské elektrárne* [online]. Bratislava [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://www.seas.sk/pve-cierny-vah>
- [56] Výstavba nových veterných či veľkých slnečných elektrární na Slovensku je stále otázná. *Hlavný denník* [online]. Bratislava, 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://www.hlavnydennik.sk/2020/02/01/vystavba-novych-veternych-ci-velkych-slnečných-elektrarni-na-slovensku-je-stale-otazna/>

- [57] MAJLING, Eduard. Jaderná elektrárna Mochovce: Dostavba bloku 3 a 4. *OEnergetice.cz* [online]. Třebíč, 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/jaderne-elektrarny/jaderna-elektrarna-mochovce-dostavba-bloku-3-4>
- [58] Mochovce 3 a 4 – největší sůkromná investice v SR. *Slovenské elektrárne* [online]. Bratislava [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://www.seas.sk/mochovce-3-4>
- [59] Vo výstavbe novej jadrovej elektrárne v Jaslovských Bohuniciach sa bude pokračovať. *Ekonomika - Pravda.sk* [online]. Bratislava, 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://ekonomika.pravda.sk/energetika/clanok/573072-vo-vystavbe-novej-jadrovej-elektrarne-v-jaslovskych-bohuniciach-pokracuje/>
- [60] Integrovaný národný energetický a klimatický plán na roky 2021 - 2030: spracovaný podľa nariadenia EP a Rady (EÚ) č. 2018/1999 o riadení energetickej únie a opatrení v oblasti klímy. In: *MHSR* [online]. Bratislava: Ministerstvo hospodárstva Slovenskej republiky, 2019 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://www.mhsr.sk/uploads/files/IjkPMQAc.pdf>
- [61] ŠTIBRANÝ, Peter. Kvantifikácia reálne využiteľného potenciálu veternej energie na Slovensku: Metodický postup pre tvorbu regionálnych nízkouhlíkových stratégií. In: *Priatel'ia Zeme-CEPA* [online]. Poniky-Ponická Huta: Priatel'ia Zeme-CEPA, 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: https://cepa.priateliazeme.sk/images/publikacie/EVS_vystupy/M08_navrh.pdf
- [62] BŘEZINOVÁ, Jana. Elektrárna Bełchatów: Poznejte sílu jako 5 bloků Temelína. *Elektrina.cz - vše co potřebujete vědět v oblasti energetiky a technologii* [online]. Praha, 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/elektrarna-belchatov>
- [63] Větrná velmoc Polsko. *ČSVE - Větrné elektrárny* [online]. Brno: Česká společnost pro větrnou energii, 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://csve.cz/cz/vetrna-velmoc-polsko--n/509>
- [64] V rozvoji solární energetiky ztrácíme i za uhelným Polskem. *Obnovitelně* [online]. Brno, 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://www.obnovitelne.cz/clanek/1298/v-rozvoji-solarni-energetiky-ztracime-i-za-uhelnym-polskem/>
- [65] PETROVA, Veselina. Poland's solar PV capacity tops 3.9 GW. *Renewable energy news & research* [online]. 2021 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://renewablesnow.com/news/polands-solar-pv-capacity-tops-39-gw-733428/>
- [66] ČTK. Polsko chce urychlit odklon od uhlí a do jaderné energie investovat 150 miliard zlotých. *OEnergetice.cz* [online]. Třebíč, 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/zahranicni/polsko-chce-urychlit-odklon-od-uhli-a-do-jaderne-energie-investovat-150-miliard-zlotych>
- [67] VRBOVÁ, Zuzana. Polsko plánuje státní podporu uhlí až do roku 2049. *OEnergetice.cz* [online]. Třebíč, 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/uhli/polsko-planuje-statni-podporu-uhli-az-roku-2049>
- [68] VOŘÍŠEK, Martin. Polsko má utratit za jaderné technologie z USA 415 mld. Kč, první blok chce spustit o tři roky dříve než ČR. *OEnergetice.cz* [online]. Třebíč, 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/jaderne-elektrarny/polsko-ma-utratit-za-jaderne-technologie-usa-415-mld-kc-prvni-blok-chce-spustit-tri-roky-drive-nez-cr>
- [69] „Polityka energetyczna Polski do 2040 r.” przyjęta przez Radę Ministrów. *Portal Gov.pl* [online]. Warszawa: Ministerstwo Klimatu i Środowiska, 2021 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://www.gov.pl/web/klimat/polityka-energetyczna-polski-do-2040-r-przyjeta-przez-rade-ministrow>

- [70] BUDÍN, Jan. Polské státní energetické firmy budou společně budovat offshore větrné parky. *OEnergetice.cz* [online]. Třebíč, 2021 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/vetrne-elektrarny/polske-statni-energeticke-firmy-budou-spolecne-budovat-offshore-vetrne-parky>
- [71] APPUNN, Kerstine, Yannick HAAS a Julian WETTENGEL. Germany's energy consumption and power mix in charts. *Clean Energy Wire* [online]. Berlin: Clean Energy Wire CLEW, 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-energy-consumption-and-power-mix-charts>
- [72] VORÍŠEK, Martin. Co je Energiewende a jaké jsou její cíle? *OEnergetice.cz* [online]. Třebíč, 2015 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/energiewende-a-jeji-cile>
- [73] MAJLING, Eduard. S koncem roku skončil i další jaderný blok v Německu, zbylých 6 ukončí provoz do 3 let. *OEnergetice.cz* [online]. Třebíč, 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrarny-evropa/koncem-roku-skoncil-i-dalsi-jaderny-blok-nemecku-zbylych-6-ukonci-provoz-3-let>
- [74] ČTK. Němečtí politici schválili ústup od uhelné energetiky do roku 2038. *E15.cz - Byznys, politika, ekonomika, finance, události* [online]. Praha: CZECH NEWS CENTER, 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://www.e15.cz/zahranicni/nemecti-politici-schvalili-ustup-od-uhelne-energetiky-do-roku-2038-1371237>
- [75] VOBOŘIL, David. Německá vláda schválila novelu zákona o OZE, která má zajistit dosažení cíle 65% podílu OZE na výrobě elektřiny. *OEnergetice.cz* [online]. Třebíč, 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/nemecka-vlada-schvalila-novelu-zakona-oze-ktera-ma-zajisti-dosazeni-cile-65-podilu-oze-vyrobe-elektriny>
- [76] Postup větru v Německu vážne. *Technický týdeník* [online]. Praha: Business Media CZ, 2020 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/energetika-teplo/postup-vetru-v-nemecku-vazne_50949.html
- [77] VOBOŘIL, David. Společnost DONG Energy přestane do roku 2023 využívat uhlí, nahradí jej biomasou. *OEnergetice.cz* [online]. Třebíč, 2017 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/spolecnost-dong-energy-prestane-roku-2023-vyuzivat-uhli-nahradi-jej-biomasou>
- [78] CHAROUZ, Tomáš. Dánsko – větrné Silicon Valley a globální lídr v dekarbonizaci. *Obnovitelně* [online]. Brno, 2018 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://www.obnovitelne.cz/clanek/459/dansko-vetrne-silicon-valley-a-globalni-lidr-v-dekarbonizaci/>
- [79] NOVÁK, František. Dánsko postaví umělý energetický ostrov. *HROT* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://www.tydenikhrot.cz/clanek/jako-deset-reaktoru-dansko-postavi-umely-energeticky-ostrov>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbol	Význam
CO	Oxid uhelnatý
CO ₂	Oxid uhličitý
ČEZ	České energetické závody
ČR	Česká republika
ČSSR	Československá socialistická republika
EIA	Environmental impact assessment
EU	Evropská unie
FVE	Fotovoltaická elektrárna
MVE	Malá vodní elektrárna
NO _x	Oxidy dusíku
OZE	Obnovitelné zdroje energie
PPE	Paroplynová elektrárna
PVE	Přečerpávací vodní elektrárna
SEK	Státní energetická koncepce
SEPS	Slovenská elektrizační a přenosová soustava
SO ₂	Oxid siřičitý
SSSR	Svaz sovětských socialistických republik
VE	Vodní elektrárna